DIE

DIAGNOSTIK DES PULSES

IN BEZUG AUF

DIE LOCALEN VERÄNDERUNGEN DESSELBEN.

VON

DR. A. MOSSO,

PROFESSOR DER PHARMACOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT TURIN.

MIT 15 HOLZSCHNITTEN IM TEXT UND 8 TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1879.

DIE

DIAGNOSTIK DES PULSES

IN BEZUG AUF

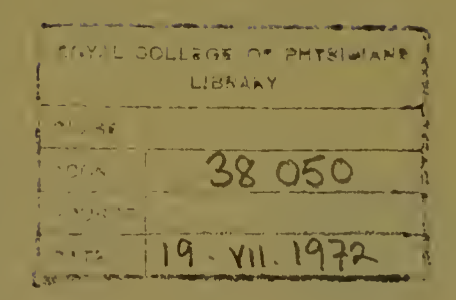
DIE LOCALEN VERÄNDERUNGEN DESSELBEN.

Von

DR. A. MOSSO,
PROFESSOR DER PHARMACOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT TURIN.

MIT 15 HOLZSCHNITTEN IM TEXT UND 8 TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1879.



Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Den Freunden

H. Kronecker und E. J. Marey

gewidmet.



Vorrede.

Der erste Theil dieser Arbeit ist ein Studium über die Umwandlungen, welche die Form des Pulses erfahren kann, wenn der Zustand der Gefässe local verändert wird, während die Energie und Frequenz der Herzcontractionen unverändert bleibt.

Die Lehre vom Pulse bot in dieser Hinsicht eine Lücke dar, deren Ausfüllung wir vergeblich von den schematischen Apparaten erwartet hätten, wenn es nicht durch Erfindung einer neuen Methode möglich geworden wäre, im lebenden Organismus die auf die Vitalität der Blutgefässe bezüglichen Puls-Erscheinungen einer experimentalen Analyse zu unterwerfen. Die Physiologen, denen es gelungen war, sinnreich die Triebkraft des Herzens und den Blutkreislauf in einem geschlossenen Systeme elastischer Röhren nachzuahmen, hatten auf keine Weise ausserhalb des Organismus die Pulserscheinungen wiederzugeben vermocht, die von der Contraction und von der Erschlaffung der Gefässwände, von der Zu- oder Abnahme der Elasticität eines lebenden Gewebes abhängen.

Um sicherer unterscheiden zu können, welche Pulserscheinungen einen centralen Ursprung haben mögen, und welche von einer peripherischen Modification der Gefässe abhängen, griff ich zu dem Hülfsmittel, dass ich unter dem Pulse des experimentirten Vorderarmes gleichzeitig den Puls des anderen Vorderarmes verzeichnete. Dieses einfache Vergleichsmittel und das zu dem Pulsschreiben gewählte Verfahren eröffneten mir ein noch unerforschtes Gebiet in der Physiologie des Kreislaufes.

Als Marey in dem Sphygmographen den Aerzten ein Werkzeug geliefert hatte, mit dessen Hülfe Jedermann sich ein getreues Bild vom Pulse zu verschaffen vermag, so schien es Allen, es sollten daraus unmittelbar enorme Vortheile für die Diagnose der Krankheiten erwachsen. Es gab eine Periode wahren Enthusiasmus, wo sich Mancher der Hoffnung hingab, es würde sich jede Krankheit durch eine charakteristische Pulsform kennzeichnen. Doch sogar in Betreff der Herzkrankheiten bestätigten sich nicht die Hoffnungen, die sich mit Recht an ein so sinnreiches diagnostisches Hülfsmittel knüpften, und es scheiterten vielfache, über die Natur des Pulses aufgestellte Theorien. Inmitten der grossen Gunst und Verbreitung, deren sich die sphygmographischen Beobachtungen erfreuen, bemerkt man indessen leicht, dass die Physiologen und Kliniker specieller ihre Aufmerksamkeit auf die Casuistik richten, als auf die sorgfältige Analyse der vielfachen Factoren, die den Puls bestimmen, und auf die Ursachen, von denen die Variationen desselben abhängen.

Vorliegende Arbeit kann als ein Versuch zum Nachweise gelten, dass man im Stande ist, local am Menschen viele Pulsformen zu erzeugen, die bisher als typisch für gewisse Krankheiten angesehen worden sind. Doch erst wenn dieses Studium vollendet sein wird und die Physiologen die ganze Reihe der Ursache erkannt haben werden, die einen Einfluss auf die Elasticität der Gefässe üben; erst wenn wir genauer die Lebensvorgänge in den Blutgefässen kennen gelernt haben werden: erst dann, sage ich, wird die Sphygmographie den ihr in der Diagnostik vieler krankhafter Processe gebührenden Platz einnehmen können.

Im zweiten Theile der Arbeit behandle ich die Pulserscheinungen, die in den Luftwegen, am Thorax, an den Jugularvenen und am Abdomen in Folge des systolisch beschleunigten Ausflusses des Blutes aus dem Brustkasten beobachtet werden, indem hierdurch ein negativer Druck gesetzt wird, der eine Aspiration auf die Binnenorgane und speciell auf die grossen Venenstämme ausübt und so den Blutzufluss aus letzteren begünstigt, welcher den periodisch in der Brusthöhle entstehenden leeren Raum ausfüllen soll.

Diese systolische Aspiration wird zu einem einflussreichen Factor der nächstfolgenden Diastole, und ich glaube hiermit den gemeinschaftlichen

Ursprung vieler Erscheinungen dargethan zu haben, in deren Betreff vorher einige Confusion herrschte, weil man sie von den verschiedenartigsten Ursachen abgeleitet hatte.

Indem ich in vorliegender Schrift über Diagnostik des Pulses den Inhalt zweier kürzlich von mir in italienischer Sprache veröffentlichter Abhandlungen[1] zusammenfasste, liess ich einige Capitel derselben bei Seite, die ich später ausführlicher zu entwickeln mir vorbehalte, und suchte jene Gegenstände vorzüglich hervorzuheben, die zu einer directen Anwendung auf klinischem Gebiete geeigneter sind. Mehrere Pulsbilder habe ich neu hinzugefügt.

Möge dieser Arbeit die Gunst des ärztlichen Publikums in Deutschland zu Theil werden!

Turin, 30. Mai 1878.

A. Mosso.

---

[1] *Sulle variazioni locali del polso nell' antibraccio dell' uomo.* R. Accademia delle scienze di Torino, vol. XIII, 1877, Novembre. — *Sul polso negativo.* Archivio per le scienze mediche, anno II, fasc. 4, 1878.

Inhalt.

Beschreibung des Hydrosphygmographen.

Die bisher zur graphischen Darstellung des Pulses ersonnenen Instrumente waren den Anforderungen einer länger fortgesetzten und genauen Beobachtung keineswegs gewachsen. Einer eingehenden kritischen Besprechung der verschiedenen Pulsschreiber glaube ich mich enthalten zu dürfen, muss aber besonders hervorheben, dass keiner derselben den speciell bei dem Gegenstande meiner Untersuchungen in Betracht kommenden Anforderungen zu genügen im Stande war; denn diese verlangen:

I. Eine continuirliche Aufzeichnung, welche es möglich macht, stundenlang und ohne Unterbrechung alle Wandlungen zu verfolgen, die der menschliche Puls gleichzeitig in seiner Form und Frequenz darbieten kann.

II. Eine dergestalt sichere und stets gleiche Art und Weise, den Spygmographen anzubringen, dass bei den Körperbewegungen, beim Abnehmen und Anlegen des Apparates, die Bedingungen des Versuchs von dieser Seite her keinen ungewollten Wechsel erfahren.

III. Das Gleichbleiben des äusseren Druckes auf die Blutgefässe, deren Puls geschrieben werden soll, trotzdem ihre Blutfülle, je nach den wechselnden Verhältnissen der Versuche und der dadurch etwa bedingten Zusammenziehung oder Ausdehnung der Gefässwände, erheblichen Schwankungen unterliegt.

IV. Dass die Application des Sphygmographen an zwei Extremitäten des Körpers es ohne Verschiebung des Apparates gestatte, auf die Gefässe derselben die zu prüfenden mechanischen, chemischen, thermischen oder electrischen Reize einwirken zu lassen.

V. Dass neben den den beiden Vorderarmen angehörenden Pulscurven gleichzeitig die der Carotiden oder der unteren Extremitäten, der Herzstoss, die Respirationscurve, das Zeitmaass und alle bei einer Reihe exacter physiologischer Versuche in Betracht kommenden Umstände verzeichnet werden können.

Da die genannten Bedingungen zu genauen Untersuchungen über die Form des Pulses unerlässlich sind, so zog ich es vor, nicht, wie es früher geschah, die Bewegungen der einzelnen Arterien an bestimmten Körpertheilen, sondern lieber die Aenderungen des Volumens aufzuschreiben, welche sämmtliche Gefässe einer Extremität (z. B. eines Vorderarmes), zusammengenommen, beim Eindringen einer Blutwelle erfahren.

Ich will hier nicht auf die Geschichte der nach dieser Methode bereits von Piégu, Chelius und besonders von A. Fick gemachten ersten Versuche zurückgehen, weil sie sowohl in meinen früheren Schriften[1], als auch in einer werthvollen Arbeit des Dr. F. Frank[2] genügend besprochen worden sind. Meine gegenwärtigen Untersuchungen, obwohl ich mit einem ähnlichen Instrumente operirte, wie Frank im Marey'schen Laboratorium, unterscheiden sich jedoch wesentlich von den seinigen, so wie von meinen früheren Versuchen, durch den Zweck, den ich dieses Mal verfolge. Frank prüfte sorgfältig an der menschlichen Hand jene langsamen Volumveränderungen, die ich früher mittelst meines Plethysmographen am Vorderarme geprüft hatte[3], und liess die Form des Pulses unberücksichtigt; in vorliegender Arbeit dagegen beschäftige ich mich ausschliesslich mit letzterem, d. h. mit den viel geschwinderen Schwankungen des Volumens, die von den einzelnen Contractionen des Herzens abhängen und eben den Puls des Vorderarmes bilden, und suche es im Gegentheil zu erreichen, dass in meinen Sphygmogrammen jene anderen, grösseren und langsameren Schwankungen, die von der Contraction oder Erschlaffung der Gefässwände abhängen — wenn nicht besondere Gründe ihre Berücksichtigung erheischen — wo möglich gar nicht zum Ausdrucke gelangen, weil sie nicht ohne Verunstaltung der Pulscurve vollkommen aufgezeichnet werden können.

Zu diesem Zwecke bediene ich mich, wie bei meinem Plethysmographen, eines Glascylinders mit einer oberen Oeffnung *B* und einer unteren *C* (s. Fig. 1). Ich führe den Vorderarm in den Cylinder ein und schliesse letzteren, wie am Plethysmographen, mittelst des Gummiärmels *A*, in der Höhe des Ellbogens ab.

Um die Körperbewegungen unbehindert zu lassen, hänge ich den Apparat an der Decke des Versuchsraumes auf. Hierzu bediene ich mich

---

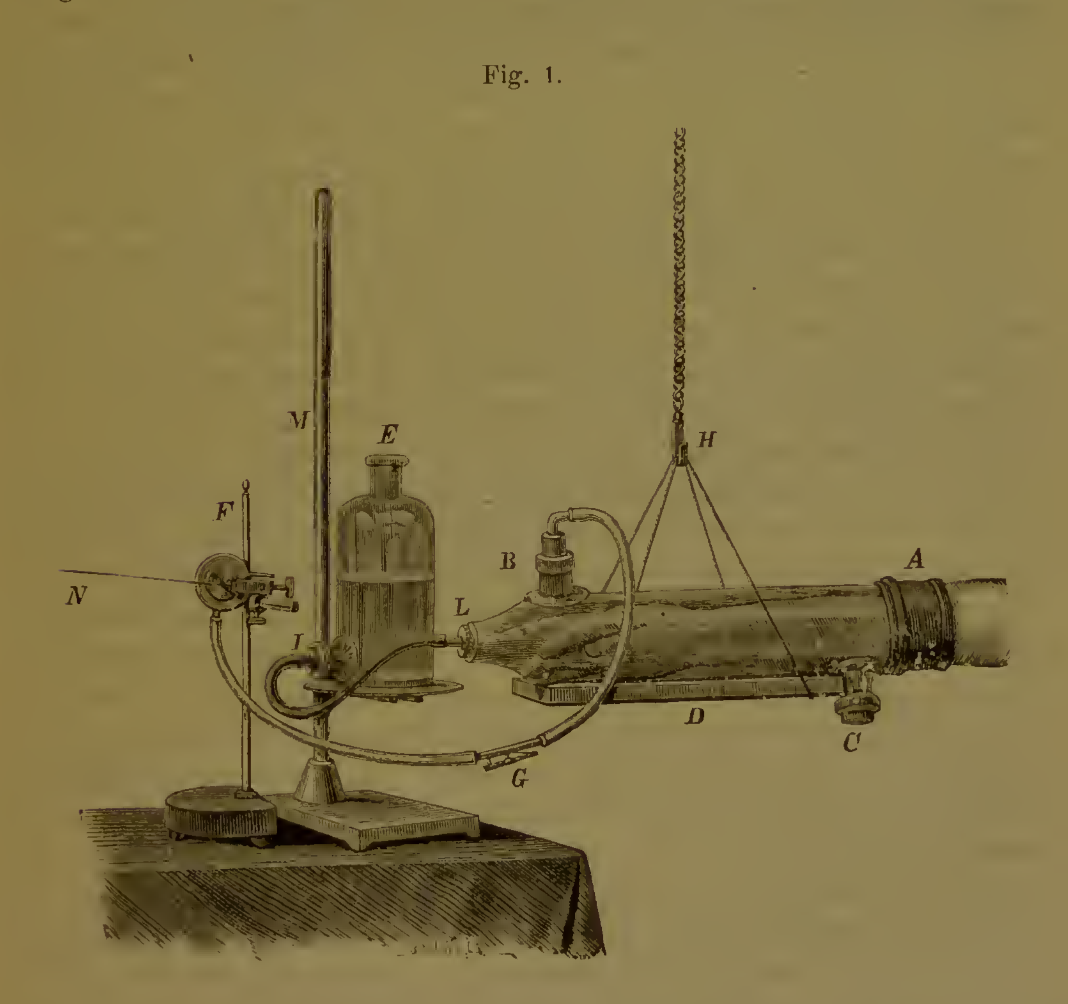
[1] *A. Mosso: Von einigen neuen Eigenschaften der Gefässwand,* aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Berichte über die Verhandlungen d. K. Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaft. z. Leipzig. 1875, S. 305. — *Id.: Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell' uomo.* Torino, 1875, pag. 6.

[2] *F. Franck: Du volume des organes dans ses rapports avec la circulation du sang.* Travaux du Laboratoire de *M. Marey.* Paris 1876.

[3] *E. Cyon: Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen.* Giessen 1876, S. 557. — Comptes rendus. 24. Janvier 1876.

einer eisernen Kette *H*, an deren Ringen, mittelst eines kleinen metallischen Hakens, der Apparat in der gewünschten Höhe fixirt wird. Hierauf fülle ich den Cylinder bis zum Grunde der über 20 Millim. breiten Mündung *B* mit lauem Wasser. Bei jeder Herzcontraction, in dem Augenblicke, wo eine Blutwelle in den Vorderarm eindringt, wird eine Zunahme des Volumen des letzteren stattfinden und wird deshalb der Wasserspiegel in der Mündung *B* ansteigen, während das Umgekehrte bei jeder Diastole erfolgen

Fig. 1.



wird. Hierdurch muss die abgeschlossene Luft über dem Wasserspiegel abwechselnd eine leichte Compression und Verdünnung erfahren, welche Schwankungen sich durch das Gummirohr *G* bis zur Marey'schen Lufttrommel *F* erstrecken und diese, so wie den hiermit verbundenen Hebel *N*, in Oscillationen versetzen. Letztere endlich werden durch die Schreibfeder des Hebels auf dem berussten Papiere eines Drehcylinders aufgezeichnet, wodurch die einzelnen Pulsationen ihren graphischen Ausdruck erhalten.

Schon in anderen Schriften[1] habe ich hervorgehoben, dass im menschlichen Vorderarme und Hirne periodische Verengerungen und Erweiterungen der Gefässe stattfinden, sehr ähnlich den Bewegungen der kleinen Arterien, wie sie zuerst von Schiff am Kaninchenohre beschrieben worden sind. Während der Volumschwankungen, die solchen Aenderungen der Gefässlumina im Vorderarme entsprechen, muss natürlich der Wasserspiegel in der Mündung *B* steigen oder sinken. Da es indessen bei meinen Versuchen darauf ankommt, sehr bedeutende Volumsänderungen des Vorderarmes hervorbringen zu können, ohne dass die Wassersäule entsprechende Verschiebungen an der Mündung des Cylinders erfahre (weil sonst die Pulsfiguren verunstaltet und der Wasserdruck auf die Oberfläche der Gefässe alterirt werden würde), habe ich den Cylinder mit einem Compensationsapparate, der den Druck constant erhalten soll, in Verbindung gesetzt.

Wo es sich darum handelt, gleichzeitig mit den Pulsschwankungen auch die langsameren Veränderungen des Volumens des Vorderarmes zu messen, da benutze ich ganz einfach den Plethysmographen, und bringe nur an dessen oberer, zur Hälfte lufterfüllter Mündung ein Rohr an, welches die Pulsbewegungen auf eine Marey'sche Lufttrommel überträgt; und diese vergrössert und verzeichnet sie mittelst ihres Hebels. Doch um die Versuche zu vereinfachen, benutzte ich meistens als Compensationsapparat eine mehr als einen Liter fassende Flasche *E*, die mittelst der unteren Oeffnung *J* breit mit dem Wasser des Cylinders *BC* communicirt. In dem so hergestellten Systeme zweier communicirender Gefässe kann man den Wasserstand nach Belieben ändern, indem man die Flasche auf dem Stativ *M* senkt oder hebt. Ordnet man den Apparat in der Weise an, dass der Wasserspiegel in beiden Gefässen in der durch die Mitte der Cylindermündung *B* gehenden Ebene liegt, so begreift man, dass bei jeder Volumzunahme des Vorderarmes das Wasser aus dem Cylinder in die Flasche *E* herüberströmen wird.

Da die stärksten Schwankungen des Volumen 30—40 Cub.-Centim. nicht übersteigen, so kann, wegen des breiten Querschnittes der Flasche *E*, kein erhebliches Ansteigen der Flüssigkeit in der Cylindermündung *B* zu Stande kommen. — Umgekehrt wird die Verminderung des Volumen des Vorderarmes bei einer Contraction seiner Gefässe durch ein Zuströmen des Wassers aus der Flasche zu dem Cylinder compensirt.

---

[1] *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni*, pag. 31. — Giacomini e Mosso: *Esperienze sui movimenti del cervello nell' uomo.* Archivio per le scienze mediche, anno I, fasc. 3, 1877, pag. 261. — Albertotti e Mosso: *Osservazioni sui movimenti del cervello in un idiota epilettico.* Giornale dell' Academia di Medicina di Torino. 1878, pag. 24.

Dagegen wird die Blutwelle, die bei jeder Herzsystole in den Vorderarm gelangt, nicht die nöthige Zeit gewinnen, eine entsprechende Menge Wasser aus dem Cylinder in die Flasche zu treiben, und wird daher ein Ansteigen der Flüssigkeit im Halse *B* des Cylinders veranlassen; die hierdurch comprimirte Luft setzt die Marey'sche Trommel nebst ihrem Hebel in Bewegung. — Da sich letztgenannter Cylinder um seine Axe mit einer durch den Foucault'schen Regulator bestimmten gleichmässigen Geschwindigkeit dreht, so hat man auch noch den Vortheil, gleichzeitig die Pulsfrequenz zu verzeichnen. Das von mir benutzte, nach dem Muster des Marey'schen angefertigte Uhrwerk ertheilte dem Drehcylinder die Geschwindigkeit von 42 Centim. in der Minute; danach konnte man leicht die Pulsfrequenz berechnen, indem man nur die auf eine bestimmte Strecke der Curvengrundlinie fallenden Pulsationen zu zählen brauchte.

Wie man sieht, unterscheidet sich mein Apparat von dem Franck-schen: 1) dadurch, dass er den ganzen Vorderarm anstatt der blossen Hand aufnimmt; 2) dadurch, dass der Cylinder in Schwebe gehalten wird, was den störenden Einfluss der Körperbewegungen auszuschliessen gestattet; 3) durch die Möglichkeit, den reellen Werth der Aenderungen des Volumen mittelst des Plethysmographen zu bestimmen; 4) dadurch, dass bei seiner Anwendung der Druck auf die Oberfläche der Blutgefässe constant bleibt.

Bei der Nothwendigkeit, dem Apparat einen Namen zu geben, der uns die Unbequemlichkeit einer langen Periphrase erspare, will ich ihn Hydrosphygmograph nennen, weil wir uns hier, zum Aufnehmen und Niederschreiben der den Puls begleitenden Aenderungen des Volumens, des Wassers bedienen.

Die mit dem Hydrosphygmographen gewonnenen Resultate werden es klar darthun, dass er allen den im Eingange dieses Capitels namhaft gemachten Anforderungen Genüge leistet, und werden ihm hoffentlich die Gunst der Aerzte und Physiologen sichern, die genaue Untersuchungen über den Puls anstellen wollen. Auf den ersten Blick könnte es scheinen, die Curven, die man durch Aufschreiben der bei jeder Herzcontraction erfolgenden Volumsänderungen des Vorderarmes erhält, wären nicht genau mit denen vergleichbar, die mittelst anderer, direct auf eine Arterie applicirter Sphygmographen gewonnen werden; indessen lehrt die Erfahrung, dass die Form der Pulsationen genau dieselbe ist. Ja, es gelang mir oft, mittelst des Hydrosphygmographen sehr schöne Curven an Personen zu erhalten, deren Radialpuls so schwach war, dass jeder Versuch mit einem guten, von Verdin construirten und mit allen modernsten Modificationen versehenen Marey'schen Sphygmographen scheiterte. Nicht selten beobachtet man auch in den Volumsänderungen des Vorderarmes gewisse Eigenthümlichkeiten, die sich nicht gleich gut in den Curven der gewöhnlichen Sphyg-

mographen aussprechen; und endlich besteht ein weiterer Vortheil darin, dass der Hydrosphygmograph uns viel vollkommener das Wesen und die Beschaffenheit des Pulses veranschaulicht. Wenn man mittelst des Sphygmographen an nur einem Punkte die Bewegungen der Arterie an der Oberfläche des Körpers beobachtet, wird man gar zu leicht zu der Vorstellung verleitet, es drücke der Puls wesentlich nur den Durchgang einer Welle, als lediglicher Bewegungsform, aus; der Hydrosphygmograph dagegen misst die Volumschwankungen eines Körpertheils, die der Differenz zwischen dem gleichzeitigen Zu- und Abflusse des Blutes entsprechen, und gibt uns so ein vollständigeres Bild vom Pulse.

Erster Theil.

Allgemeines über die Form des Pulses.

Jedermann kennt aus eigener Erfahrung die äusserste Beweglichkeit des Gefässsystems. Man braucht nur an die Leichtigkeit zu denken, mit der sich die Gefässe einiger Hautregionen (wie z. B. im Gesicht, in den Wangen und an den Ohren) erweitern, um sofort zu der Vorstellung zu gelangen, dass ähnliche locale Aenderungen im Zustande der Gefässe auch local die Form des Pulses ändern müssen. Wenn uns für gewöhnlich die leichten Farbenveränderungen entgehen, welche die Haut der Hände erfährt, so liegt dies vorzüglich an der anatomischen Anordnung der Gefässe, welche derartige Circulationsschwankungen weniger augenfällig macht. Der Hydrosphygmograph ist viel empfindlicher als das Auge und der Tastsinn, und zeigt uns, dass auch unter normalen Verhältnissen der Blutlauf in den Vorderarmen sehr bedeutenden und fortwährenden Wandlungen unterworfen ist.

Abgesehen von denen, die die Pulsfrequenz betreffen können, werde ch zunächst einige Modificationen der Pulsform besprechen, die bisher sehr wenig beachtet worden und die wir von vorne herein kennen lernen müssen, weil sie eben dadurch, dass sie unter ganz normalen Verhältnissen vorikommen, uns zu Fehlschlüssen in der Deutung sphygmographischer Bilder verleiten könnten.

Veränderungen des Pulses unter dem Einflusse der Hirnthätigkeit.

Nachdem ich zum ersten Male mit Hülfe des Pletysmographen die Contraction der Blutgefässe gemessen hatte, die im Vorderarme während der Hirnthätigkeit Statt findet — eine Contraction, die ich späterhin als mit einer Volumzunahme des Hirns gepaart erkannte — haben Herr Basch

in Wien[1] und Herr Franck in Paris[2] Zweifel in dieser Hinsicht erhoben. Ersterer meinte, die Abnahme des Volumen des Vorderarmes könnte möglicherweise von der Abnahme des Arteriendruckes abhängen; der Zweite, die Zunahme des Volumen des Hirns wäre vielleicht durch eine gleichzeitige Modification des Athmens bedingt. Schon vor längerer Zeit habe ich über die Bewegungen des Hirns beim Menschen Beobachtungen angestellt, welche es bestätigten, dass der Contraction der Vorderarmgefässe bei geistiger Beschäftigung ein stärkerer Blutandrang zu den Hirnhemisphären entspricht, und dass die hierbei Statt findende Zunahme des Volumen der letzteren in keiner Weise von der Respiration abhängt. Wenn schon diese Beobachtungen, die ich nächstens in einer Abhandlung über die Verhältnisse des Blutkreislaufes im menschlichen Hirn und Vorderarme ausführlicher besprechen will, vollkommen zur Widerlegung der mir von v. Basch und und Franck gemachten Einwürfe genügen, so werden wir noch in vorliegendem Capitel Beweise für die Thatsache liefern, dass während der Hirnthätigkeit eine Contraction der Vorderarmgefässe und zwar unter Umständen vorkommt, wo wir keinen Grund erblicken, eine Abnahme des Seitendruckes als Ursache dieser Erscheinung anzunehmen.

Ich übergehe hier die bei der Anwendung des Hydrosphygmographen nöthigen Vorbereitungen, weil sich dieselben Jedermann, der nur einigermaassen mit dem Gebrauche physiologischer Apparate practisch vertraut ist, von selbst vorstellen kann. Nur will ich bemerken, dass man hierbei, da der Puls an beiden Vorderarmen untersucht werden soll, nicht nur für die symmetrische Stellung des Körpers, sondern auch dafür zu sorgen hat, dass die dem Versuche zu unterwerfende Person bequem sitze und ihre Arme mit Vermeidung aller Muskelanstrengung suspendirt seien. Im Allgemeinen fand ich es überflüssig, die Oberarme zu unterstützen, da eingeübte Individuen stundenlang ohne Ermüdung die schwebende Lage der Arme ertrugen. Bedient man sich stützender Vorrichtungen, so ist eine grössere Vorsicht erforderlich, weil sie Widerstandspunkte abgeben, auf welche die Arme bald stärker, bald weniger drücken, wodurch ungewollte Variationen im Blutzuflusse zu Stande kommen und sogar sehr beträchtlich ausfallen können, wenn unbeabsichtigter Weise ein stärkerer Druck in der Gegend der A. brachialis oder der A. axillaris ausgeübt wird.

Jetzt kommen wir auf eine erste Beobachtung, die ich an Herrn

---

[1] *v. Basch: Die volumetrische Bestimmung des Blutdruckes am Menschen.* — Medic. Jahrbücher 1876, IV.

[2] *F. Franck: Recherches critiques et expérimentales sur les mouvements alternatifs d'expansion et de resserrement du cerveau.* — Journal de l'Anatomie et de la Physiologie de *Ch. Robin.* 1877, p. 301.

Garzena anstellte. — Beim Aufschreiben des Pulses beider Vorderarme benutzte ich für den linken statt des Compensationsapparates den Plethysmographen, um gleichzeitig die Aenderungen des Volumen messen zu können; für den rechten Vorderarm diente die oben beschriebene Compensationsflasche zur Erhaltung eines constanten Druckes. Hier muss ich noch ein für alle Male bemerken, dass alle in vorliegender Arbeit gegebenen Sphygmogramme von links nach rechts geschrieben wurden, und zwar auf einem horizontal drehbaren berussten Cylinder nach Marey'schem Muster. — Herr Garzena sass unbeweglich, und ich wartete ab, bis sich alle Spuren der im linken Vorderarme durch die Application des Esmarch'schen elastischen Verbandes hervorgebrachten Alterationen des Pulses ausgeglichen hätten. Obgleich der Kreislauf seit etwa einer halben Stunde hergestellt war, war in Folge der vorangegangenen Anämie der Puls im linken Vorderarme immer noch verschieden, und zwar etwas höher als im rechten.

In dem Punkte, wo die Pulscurve den ersten Pfeil links erreicht (Taf. I, Fig. 1) fordere ich Herrn Garzena auf, im Gedächtniss 8 mit 17 zu multipliciren. Bald darauf sehen wir, dass der Puls eine tiefe Aenderung erfährt. Wo Herr G. das erhaltene Product aussagt, da steht der zweite Pfeil.

Links verzeichnet der Plethysmograph auf dem Cylinder eine Verminderung des Volumen des betreffenden Vorderarmes um 4 Cub.-Centim., in dem Augenblicke, wo die Operation beendigt ist. Der Dicrotismus ist ausgesprochner geworden, besonders im rechten Vorderarme; die Pulswelle niedriger, wegen der Gefässcontraction, die der Verminderung des Volumen des Gliedes zu Grunde liegt. — Der Herzimpuls, obgleich stärker geworden (wie ich häufig in anderen Versuchen zu beobachten Gelegenheit hatte), bewirkt keine Erhöhung der Pulswelle; im Gegentheil wird letztere niedriger, wegen der die Contraction der Gefässe begleitenden Aenderung ihrer Elasticität. — Der diastolische Schenkel der Pulswellen sinkt nicht mehr auf das frühere Niveau, sondern bleibt etwas höher.

Obgleich letztere Aenderung auf den ersten Blick von der Frequenzzunahme der Herzcontractionen abgeleitet werden könnte (in dem Sinne, dass etwa die diastolische Phase des Pulses nicht Zeit genug hatte vollendet zu werden, weil vor ihrem völligen Ablaufe bereits eine neue Systole begann), so überzeugt man sich doch bei genauerer Betrachtung der Curve, dass die wahre Ursache der Erscheinung eine andere gewesen sei, und zwar die Aenderung der Elasticität der Gefässwand, wodurch die Form jeder einzelnen Pulswelle alterirt worden ist.

Dieser erste Versuch mahnt uns gewiss zur grössten Vorsicht in der Deutung der Beziehungen zwischen dem Blutdrucke und dem Zustande der Gefässe. Die von v. Basch mit Hülfe des Plethysmographen unternommenen Untersuchungen über den Blutdruck begegnen grossen Schwierig-

keiten seitens des veränderlichen Zustandes der Gefässe in verschiedenen Körperregionen. Der vom genannten Forscher seinen Versuchen vorangeschickte Satz, dass eine Zunahme des Druckes eine Erweiterung der Gefässe bewirken müsse, kann nur für einige sehr beschränkte Regionen zugegeben werden; denn eine Dilatation aller Gefässe, da wir nur eine beschränkte Blutmasse besitzen, würde sofort den Blutdruck herabsetzen. Hier begegnen wir übrigens einem Falle, wo das Volumen des Vorderarmes abnimmt, trotzdem gleichzeitig die Stärke des Herzimpulses und der Blutdruck steigen.

Ich könnte eine grosse Anzahl sphygmographischer Curven aufführen, die sämmtlich die Aenderungen des Pulses während der Hirnthätigkeit veranschaulichen; denn ich habe derartige Versuche öfters und mit besonderer Vorliebe vor Collegen und Freunden ausgeführt, die mich während meiner Arbeit mit ihrem Besuche beehrten. — Es folgen zwei weitere Versuche (Taf. I, Fig. 2 und 4), die ich am 19. Sept. um 9 Uhr 56 Min. Abends an Herrn Agostino Caudana ausführte, während er ganz ruhig, mit dem linken Vorderarme im Hydrosphygmographen, da sass.[1] Bei *F* fordere ich Herrn C. auf, 8 mit 9 zu multipliciren. Die zweite Pulswelle steigt nicht mehr auf das Niveau der vorhergehenden herunter; auch ändert sich später die Höhe der Wellen, so dass sie bis zur 7. Pulsation gleichsam eine absteigende Leiter darstellen. Der Puls wird etwas frequenter und wird die Form desselben ganz anders. Der 3-zipfelige, mehr weniger stumpfe Scheitel, den man bei der Geistesruhe beobachtet, wird zu einem spitzen, mit sinuösem und weniger steilem Abfalle gegen die Abscissenlinie im diastolischen Wellenschenkel, wie man es bei localer Gefässcontraction vorzufinden pflegt.

Bald darauf nimmt der Puls die Normalgestalt an. Ich lasse den berussten Cylinder sich fortdrehen, und man bemerkt an der Curve 3, die in der nächstfolgenden Minute geschrieben wurde, dass die Form der Wellen dieselbe bleibt wie zuvor. In der Curve 4, bei *J*, schlage ich Herrn C. eine schwerere Multiplication an einer zweistelligen Zahl, deren ich mich nicht mehr erinnere, vor. Auch dieses Mal wiederholt sich die nämliche Erscheinung. Nach zwei oder drei Secunden wird der Puls kleiner und etwas geschwinder, es schwinden die Zipfel, die sich früher gleichsam auf einer Hochebene erhoben, der Scheitel der Welle spitzt sich während der

---

[1] Bei diesen, so wie bei den weiter folgenden Beobachtungen wurden die einzelnen Curven hinter einander von unten nach oben geschrieben. Bei der lithographischen Darstellung habe ich die Anordnung nicht corrigiren wollen, weil es zur richtigen Deutung der Versuche genügt, sich an die am Rande stehenden Zahlen zu halten, welche die wahre Zeitfolge der einzelnen Curven angeben.

Hirnthätigkeit zu und man bemerkt am absteigenden Wellenschenkel eine grössere Anzahl kleiner Undulationen.

Ich bedauere sehr, bisher keine Gelegenheit gehabt zu haben, genau den gleichsam latenten Zeitraum zu messen, welcher verfliesst zwischen dem Augenblicke, wo ein Schall (z. B. eine Frage) vernommen wird, und dem, wo sich die erste Reaction im Gefässsysteme bemerkbar macht. Es ist dies ein psychologisch sehr interessanter Gegenstand, den ich bei einer künftigen Untersuchungsreihe über die Natur der Reflexbewegungen im Gefässsysteme und über die Geschwindigkeit, mit der sie im Wachen oder im Schlafe, im physiologischen Zustande oder unter dem Einflusse specifischer Agenzien zu Stande kommen, näher erforschen will.

Indessen sehen wir bei dem vorhergehenden Versuche, dass einer stärkeren Geistesspannung eine länger anhaltende Umwandlung des Pulses entspricht (Curve 4).

Die Beobachtungen, die ich am Pulse anstellte, um den Einfluss der Hirnthätigkeit auf denselben darzuthun, bestätigen, was bereits Wolff[1] in einer Reihe denkwürdiger Versuche in Betreff der Geisteserregungen bei Irren gefunden hat.

Nachdem er hervorgehoben, dass er alle Anstalten für die vollkommene Ruhe des Kranken getroffen hatte, bemerkt er: es genüge, dass der Kranke nur sprechen wolle, damit sich sofort die Pulsfrequenz ändere. Die Neigung des Kranken, einen Wunsch auszusprechen, eine Bemerkung zu machen, noch mehr die Sinneseindrücke und das Wachwerden der Aufmerksamkeit, vor Allem aber die einer Gemüthsbewegung oder einer inneren Regung vorangehende oder nachfolgende Anstrengung — Alles das spreche sich unfehlbar im Pulse aus. Die constanteste Erscheinung, welche jede Geisteserregung begleite, bestehe in der wesentlichen Aenderung des Pulsrythmus.

Die von Wolff gewonnenen Curven weisen vollkommen dieselben Alterationen auf, die wir an Gesunden gefunden haben. Doch leitet er dieselben zu einseitig von der Herzthätigkeit allein ab. Denn nachdem wir, neben der verstärkten Energie der Herzcontractionen, aufs Bestimmteste auf plethysmographischem Wege die Abnahme des Volumen des Vorderarmes nachgewiesen, kann es gewiss keinem Zweifel unterliegen, dass auch die Gefässcontraction einen wesentlichen Factor der Aenderungen abgibt, die untes solchen Umständen, unabhängig von dem Rythmus, in der Form des Pulses wahrgenommen werden.

Ich unterlasse es, andere Beispiele für eine Erscheinung anzuführen, die mir so geläufig geworden war, dass ich häufig im Laufe eines Versuches (wie die Herren Garzena, Roth und Caudana, an denen ich am

[1] Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig, 1865.

gründlichsten experimentirt, bezeugen können) es sofort zu bemerken im Stande war, wenn, inmitten der vollständigsten Geistesruhe, in Folge einer ohne bekannte Ursache sich ihrer Aufmerksamkeit aufwerfenden Ideenassociation, ihre Hirnthätigkeit unwillkührlich wach wurde.

Auf Grund der zahlreichen Versuche, die ich über diesen Gegenstand ausgeführt, glaube ich die allgemeine Regel aufstellen zu dürfen: dass **die bei dem Uebergange von der tiefen Ruhe zur Hirnthätigkeit zu Stande kommende Erregung stets von einer Aenderung des Pulses begleitet wird.** Dieses Gesetz schliesst keineswegs die Thatsache (die ich ebenfalls sehr häufig zu bestätigen Gelegenheit hatte) aus, dass bei einer fortgesetzten und angestrengten Geistesbeschäftigung keine Aenderung des Pulses wahrgenommen wird. — Das ereignet sich besonders bei Denen, die sich zum ersten Male, und gar in Gegenwart vieler Zuschauer, dem Versuche unterwerfen, oder sich besonders für das Gelingen desselben interessiren; überhaupt immer, wenn vor dem Beginne der geistigen Beschäftigung nicht Zeit genug zur Herstellung der vollkommenen Geistesruhe geboten wird.

Solche Fälle bilden keine Ausnahme, sondern eine Regel, die dahin lautet, dass wenn unsere Aufmerksamkeit durch irgend Etwas lebhaft beansprucht ist, der Uebergang zu einer anderen Geistesbeschäftigung weniger deutlich oder ganz und gar unbemerklich wird. — Es liegt dies einfach daran, dass in solchen Fällen alle jene Aenderungen im Zustande der Gefässe, im Rythmus und in der Energie der Herzcontractionen, die wir als Begleiter der Hirnthätigkeit kennen gelernt, bereits erfolgt sind und bestehen.

Aenderungen der Pulsform während des Schlafes.

Die äusserste Wichtigkeit der Ruhe für das Studium der Beziehungen zwischen Blutkreislauf, Gemüthsbewegungen und unbewussten Wahrnehmungen bewährt sich am deutlichsten während des Schlafes, wo jeder unsere Sinne treffende Reiz eine tiefe Aenderung im Pulse auch dann noch hervorbringt, wenn die dadurch erzeugte Empfindung zu schwach ist, um den Schlaf zu unterbrechen und eine Spur im Gedächtnisse zu hinterlassen. Da die meisten der hier folgenden Versuche im Sommer und viele am Nachmittage angestellt worden, so hatte ich oft Gelegenheit, die Umwandlungen zu beobachten, welche die Schläfrigkeit kennzeichnen, so wie die Reaction, welche im Pulse erfolgt, wenn wir, nach Benebelung des Bewusstseins durch den Schlaf, aus demselben geweckt werden oder von selbst erwachen. — Für die Aenderungen, die der Puls während des Schlafes erfährt, führe ich nur ein einziges Beispiel an, weil ich diesen Gegenstand

ausführlicher in einem Werke über die Physiologie des Schlafes zu besprechen gedenke, woran ich gegenwärtig arbeite.

Caudana ist ein kräftiger junger Mann im 26. Lebensjahre. Er ist seit längerer Zeit so sehr an meine Versuche gewöhnt, dass er dabei mit der grössten Leichtigkeit einschläft, besonders wenn er bequem zu Bette liegt, wie es eben bei vorliegendem Versuche, der eine Fortsetzung des vorhergehenden darstellt, der Fall ist. Etwa 10 Minuten nach der Aufnahme der normalen Pulscurve im wachenden Zustande (Taf. I, Curve 3) bemerke ich an dem geräuschvollen Athmen, dass er tief schläft. In der That, wenn ich ihm das Gesicht entblösse, über welches er zuvor den Laken angezogen hatte, sehe ich keine andere Reaction ausser einer leichten Contraction der Vorderarmgefässe. — Curve 5 auf Taf. I stellt die Pulsform während des tiefen Schlafes dar. Deren Aussehen ist so sehr von dem der kurz zuvor im Wachen erhaltenen Curve 3 verschieden, dass ich diese Abänderung nicht mit Worten zu beschreiben brauche. In der folgenden Minute nähere ich mich seinem Ohre und rufe ihn leise beim Namen im Punkte *E*. Eine Minute später, im Punkte *D* wiederhole ich abermals leise den Namen Agostino.

Obgleich er nicht erwacht und man keine Spur von Reflexbewegung im Gesicht und an den Extremitäten bemerkt, erfolgt eine tiefe Aenderung im Pulse. Betrachten wir die Curven 6 und 7, so sehen wir, dass auch hier ein gewisser Zeitraum verfliesst zwischen dem Augenblicke der Erregung und dem, wo die reflexorische Gefässcontraction zum Vorschein kommt.

Die leichte Frequenzzunahme der Herzschläge ist gewiss nicht die einzige Ursache dieser in der Form des Pulses bemerkbaren Variation. Unseres Erachtens hängt letztere wesentlich von der Contraction der Blutgefässe ab, einer characteristischen und leicht mit Hülfe des Pletysmographen zu bestätigenden Erscheinung.

Als Caudana erwachte, versicherte er mich, tief geschlafen und gar nicht bemerkt zu haben, dass ich ihn beim Namen gerufen oder irgend ein Geräusch gemacht hätte.

Um nicht zu sehr die Beispiele für den Einfluss leisester Eindrücke auf die Form des Pulses zu häufen, führe ich nur noch zwei Curven auf, die an Caudana in völlig wachem Zustande gewonnen wurden, während die Uhr Mitternacht schlug und in der folgenden Minute den Schlag erneuerte (Curven 9 und 10, Taf. I). Ich bemerke, dass der Schlag ziemlich stark ist und die Uhr in geringer Entfernung vom Bette aufgehängt war. Fig. 8 stellt die normale Pulscurve beim Wachen, eine Minute vor dem Uhrschlage, dar. — Die Variation in den Sphygmogrammen ist so augenfällig, dass es keiner weiteren Ausführung in Worten bedarf, um die Leichtigkeit und Geschwindigkeit darzuthun, mit welcher die Einwirkung

äusserer Reize auf das Sensorium sich in den Gefässen und am Herzen reflectirt.

Die Thatsache, dass auch im Wachen Reflexbewegungen bei uns leichter zu Stande kommen, wenn wir zerstreut oder unsere Hirnthätigkeit geschwächt ist, entspricht vollkommen dem constanten Verhalten während des Schlafes, wo die leisesten psychischen Erregungen eine starke Contraction der Gefässe und eine tiefe Aenderung des Pulses hervorbringen.

Die Versuche, die ich an mir selbst anstellte, um den Einfluss des Schmerzes auf die Form des Pulses kennen zu lernen, entsprachen so vollständig den Ergebnissen der denkwürdigen Untersuchungen von Prof. P. Mantegazza über die Einwirkung des Schmerzes (*Sull' azione del dolore.* Gazzetta medica lombarda, 1866), dass ich füglich darauf verzichten zu dürfen glaubte, einige Freunde, die sich willig zu solchen Versuchen darboten, harten Proben zu unterwerfen.

Form des Pulses bei leerem Magen und nach dem Essen.

Im Laufe der vorhergehenden Untersuchungen kam es mir sehr oft vor, einen Versuch unterbrechen zu müssen, um ihn nach der Mahlzeit fortzusetzen. — Die Aenderung; die in diesem Falle der Puls, binnen dem kurzen Intervalle einer oder zweier Stunden, in seiner Form und seinem Typus erfährt, ist so erheblich, dass ich sofort an den Einfluss der Nahrungsaufnahme auf Herzenergie und Gefässtonus denken musste.

Nachdem ich die Thatsache wiederholt bestätigt, suchte ich sie in ihrer Reinheit zu erforschen, indem ich eine Reihe methodischer Versuche, bei möglichstem Ausschluss aller anderen den Puls beeinflussenden Momente, anstellte.

Zu diesem Behufe lud ich hinter einander einige Freunde zu mir zum Frühstücke ein. Ich nahm die ersten Curven noch bei leerem Magen auf. Nachdem wir zusammen ein Frühstück zu uns genommen hatten, das zwar mitunter reichlich war, bei dem aber nur ganz spärlich Wein genossen wurde, nahm ich in der nächstfolgenden Stunde ein zweites Sphygmogramm auf. Kaum brauche ich hinzuzufügen, dass ich kein Cautel versäumte, damit bei dieser zweiten Aufzeichnung der Hydrosphygmograph wieder in genau derselben Weise applicirt würde wie zuvor und hiermit die Bedingungen des Versuches möglichst gleich blieben. — Die am Pulse zu Tage tretende Aenderung ist übrigens so stark und constant, dass gewiss Niemand hierbei an einen Fehler denken wird.

Daher begnüge ich mich mit der Anführung eines einzigen Versuches, den ich im Verein mit Dr. Pagliani angeführt. Um 2 Uhr 25 Min. des Nachmittages schreibe ich die Pulscurve meines Freundes, der als ganz nüchtern zu betrachten ist, da er nur gegen 8 Uhr Morgens etwas Brod mit Obst genossen hatte. Die Pulsfrequenz ist 60 Schläge in der Minute und die Pulsationen haben die auf Taf. II Fig. 11 dargestellte Form. Wir nehmen zusammen ein gutes Frühstück ein, und nach Ablauf $1^1/_4$ Stunde zeigt der Puls des Dr. Pagliani an dem nämlichen Vorderarme einen viel ausgesprocheneren Dicrotismus, bei einer Frequenz von 80 Schlägen in der Minute (Curve 12), Darauf verlässt der College das Laboratorium, um eine Tasse Kaffee auszutrinken.

Um genauer die Aenderungen zu erforschen, welche der Zustand der Gefässe in Folge neuer Nahrungszufuhr zu dem Organismus (worin bereits Hunger oder lebhafter Appetit erwacht war) erfährt, habe ich auch die sogenannten spontanen Gefässbewegungen aufgeschrieben. Das heisst, ich entwarf einige Pulscurven bei aufgehobener Communication zwischen dem Wasser, worin sich der Vorderarm befand, und der Compensationsflasche des Hydrosphygmographen. So hatte ich den Vortheil, zugleich auch die Schwankungen verzeichnen zu können, welche die Pulscurven in Folge der langsamen, ohne bekannte Ursachen in den Gefässen erfolgenden Contractions- und Erschlaffungsbewegungen erfahren. Indem ich derartige Beobachtungen bei jedem Versuche wiederholte, konnte ich mich überzeugen, dass die in den Curven des Vorderarmas zu Tage tretenden Schwankungen, die den sogenannten spontanen Gefässbewegungen entsprechen, viel stärker nach der Mahlzeit ausfallen als bei leerem Magen. Die um 2 Uhr 55 Min. wieder an Dr. Pagliani aufgenommene Curve 13 stellt diese Volumsschwankungen dar, wie sie sich nach dem Frühstücke und Kaffee darboten, während sie bei nüchternem Magen ganz unmerklich gewesen waren.

Mein Puls, der im nüchternen Zustande (Taf. II, Curve 14), bei einer Frequenz von 60 Schlägen auf die Minute, gleichförmig und regelmässig war, zeigt nach dem Frühstücke, um 4 Uhr 20 Min. Nachmittags, einen sehr characteristischen Tricrotismus und eine Frequenz von 90 Schlägen in der Minute (Curve 15).

Ich sagte eben, meine Curve 14 sei im nüchternen Zustande entworfen worden. Der Ausdruck ist nicht streng genau, denn ich hatte um 8 Uhr Morgens eine Tasse Kaffee mit Milch und einer Semmel zu mir genommen; bevor jedoch die Stunde des Versuchs gekommen war, verspürte ich eher Hunger als Appetit, und gilt dasselbe von meinem Freunde, der bereits ein lebhaftes Begehren nach Speise kundgab.

Die durchgreifenden Modificationen, die der Puls unter den in Rede stehenden Verhältnissen erleidet, können (abgesehen von dessen Frequenz)

entweder von einer Aenderung in der Energie der Herzcontractionen, oder von einem veränderten Zustande der Gefässe abhängen. Die wenigen Versuche, die ich mit dem Marey'schen Cardiographen angestellt, um den dem Herzen gebührenden Antheil auszuscheiden, deuteten zwar auf die verstärkte Energie dieses Muskels, hinterliessen aber in mir die Ueberzeugung, dass ein nicht minder beträchtlicher Antheil an den Veränderungen des Pulses einer Aenderung im Zustande der Gefässe angehöre.

Der spitzere Scheitel der einzelnen Pulsationen nach der Aufnahme von Nahrung und das Auftreten des Di- oder Tricrotismus in dem diastolischen Schenkel der Pulswelle deuten auf erhöhten Gefässtonus und auf einen grösseren Widerstand, den die Gefässe durch ihre Contraction dem Durchtritte des Blutes entgegensetzen.

Häufig hatte ich Gelegenheit zu beobachten, dass bei ein und derselben Person, unter normalen Verhältnissen, der Puls, je nach den wechselnden Bedingungen, 1, 2, 3, 4 catacrotische Erhebungen zeigte. Höchst wahrscheinlich hängen derartige Erhebungen von der Elasticität der Gefässwände ab, da bekanntlich letztere, nachdem sie durch eine Welle ausgedehnt worden sind, vermöge ihrer Elasticität auf ihren ursprünglichen Contractionsstand zurückgehen (zurückschwingen), sodann sich wieder ausdehnen und contrahiren, und so eine gewisse Anzahl Oscillationen ausführen können. Die solchen Schwingungen entsprechenden Sinuositäten der Pulscurven sind von Landois, der sie eingehend studirt, mit dem Namen Elasticitätselevationen bezeichnet worden, weshalb auch wir sie so nennen wollen, während wir des Näheren auf die interessanten Versuche des erwähnten Forschers verweisen.[1] Im Falle, wo die catacrotischen Elevationen allmählich abnehmen, begreife ich nicht, mit welchem Grunde Landois darunter eine unterscheiden kann, die nicht mehr der Elasticität, sondern einer centrifugalen Welle (Rückstosswelle) ihren Ursprung verdanken soll. Die später zu besprechenden Versuche, die ich mit Amylnitrit angestellt, haben mir Gelegenheit geboten, diese Erscheinung genauer zu analysiren. Da ich sah, dass die bei Anwendung des Hydrosphygmographen gewonnenen Pulscurven des Vorderarmes im absteigenden Wellenschenkel einen viel stärker zerschlitzten und unregelmässigeren Umriss zeigen als die nach anderen sphygmographischen Methoden erhaltenen, so fasste ich anfangs den Verdacht, dass die wahrgenommenen Undulationen, sei es von einem Erzittern der Muskeln, oder von Schwingungen, die dem Wasser im Glascylinder mitgetheilt worden waren, oder von Oscillationen der Flüssigkeitssäule, gleich denen, die an Quecksilber-Manometern beobachtet werden, abhängen könnten. Wiewohl aber die

---

[1] *L. Landois: Die Lehre vom Arterienpuls.* Berlin 1872, S. 160.

ersteren zwei Momente mitunter die Pulscurve alteriren, so überzeugte ich ich mich doch bald, dass derartige Schwingungen wirklich, und zwar unter normalen Verhältnissen, an den Gefässen vorkommen und durch gewisse Mittel zum Schwinden gebracht werden können, während die äusseren Bedingungen des Versuches von Seiten des Apparates unverändert bleiben.

Beim Uebergange vom Poly- zum Dicrotismus und umgekehrt wechselt nicht blos die Zahl der Elevationen, sondern auch nach und nach ihre Lage. Während wir daher beim Dicrotismus eine einzige secundäre Elevation haben, die etwa auf die Mitte der einzelnen Pulswelle fällt, erscheinen die vorerwähnten Elevationen, wenn sie zahlreicher werden, schon nahe der Wellenspitze und wiederholen sich mit abnehmender Höhe, 4 oder 5 an der Zahl, ohne dass man an der Stelle des ursprünglichen Dicrotismus eine Spur stärkerer Erhebung zu erkennen vermöge. Entsprechende, wenn auch weniger deutliche Variationen bemerkt man auch an der Carotidencurve, welche gleichzeitig mit der des Vorderarmes aufgenommen wurde.

Dieser Versuch zeigt, dass die Ursache besagter Variationen der sphygmographischen Curven in den Gefässen zu suchen ist und dass die Schwankungen höchst wahrscheinlich von den elastischen Eigenschaften der Gefässwände abhängen.

Locale Variationen des Pulses.

Einfluss thermischer Agentien.

Die hier folgenden Versuche wurden sämmtlich nach der Methode der doppelseitigen Beobachtung angestellt, um die rein örtlichen Wirkungen des Temperaturwechsels auf den Puls von den allgemeinen zu unterscheiden, welche sich auf das ganze Gefässsystem erstrecken und daher auch an dem anderen Arme, auf welchen die Kälte oder Wärme nicht direct einwirkt, kundgeben. Anfangs suchte ich das Wasser, worin der Vorderarm eingetaucht war, dadurch abzukühlen, dass ich die äussere Oberfläche des Cylinders mit Eisstückchen (denen ich zuweilen Salz zusetzte) bedeckte. Doch musste ich dieses Verfahren, wegen der ungleichmässigen Vertheilung der Temperatur, aufgeben. In der That verzeichnete das in das Wasser des Cylinders eintauchende Thermometer kaum eine Temperaturerniedrigung um wenige Grade, während die ganze Hautoberfläche, die mit der Glaswand in

Berührung stand, bereits eine lästige Empfindung intensiver Kälte verspürte. Obgleich es mir sehr daran gelegen war, das Wasser, worin der Vorderarm steckte, nicht zu wechseln, um die Pulsänderungen in allen ihren Phasen verfolgen und gleichzeitig mittelst des Plethysmographen die Volumsänderungen beider Vorderarme messen zu können, so musste ich doch auf diese Abkühlungsmethode verzichten; und auch nicht glücklicher fielen die Versuche mit äusserer Erwärmung aus. Das Auskunftsmittel, so grosse Cylinder anzuwenden, dass die Oberfläche des Vorderarmes genügend von der Glaswandung entfernt bleiben könne, versprach allein dem Uebelstande abzuhelfen; doch gab es wiederum zu anderen Schwierigkeiten bei dem Pulsschreiben Veranlassung, weshalb ich von dem Gebrauche des Plethysmographen abstehen musste.[1] Ich nahm daher zu dem einfachsten Verfahren meine Zuflucht, indem ich das Wasser im Cylinder wechselte und zu diesem Behufe, jedesmal als ich die Temperatur eines der Vorderarme ändern wollte, den Propf der Mündung *C* abnahm. Ein in Zehntel von Graden getheiltes Thermometer, welches durch den Propf *L* des Cylinders gesteckt und fortwährend in's Wasser getaucht war, zeigte jederseits die Temperatur des den betreffenden Vorderarm umgebenden Mediums an. — Ich beginne mit einigen Versuchen, bei welchen der Temperaturwechsel sehr mässig war, und werde nach und nach bis zu den Versuchen übergehen, wo die thermische Einwirkung so stark wurde, dass sie eine Lähmung der Gefässe hervorbrachte. — Dr. Baiardi zeigte am 27. Juli, um 4 Uhr 15 Min. Nachmittags, an beiden Vorderarmen einen gleichen Puls (Fig. 16, Taf. II); die Temperatur des Wassers betrug etwa 33° C. in beiden Cylindern.

Im linken Cylinder ersetze ich das frühere Wasser durch eins von 25°, und der Puls ändert sich in beiden Vorderarmen. Links ist die Depression der Pulsschläge viel beträchtlicher als rechts, wo sie aber ebenfalls ganz merklich ist (Fig. 17, Taf. II).

Zwei Minuten später zeigt das Thermometer links 25°,7, rechts 32°,6. Der Puls auf der normalen (rechten) Seite hat wieder die frühere Form angenommen; auf der Seite des kälteren Wassers bleiben immer die Pulsationen niedriger und der Dicrotismus ausgesprochener. — Ich entferne links das kalte Wasser und giesse dafür warmes von 37° C. ein Nach einer Minute ist der Puls an beiden Vorderarmen fast gleich, und zwar

[1] Späterhin ist es mir gelungen, diese Schwierigkeiten zu besiegen, und ich werde in einer künftigen Arbeit über *die Wirkung der Wärme und der Kälte auf die Blutgefässe* den Apparat beschreiben, welcher mir zur genauen sphygmo- und plethysmographischen Messung der Volumina des Vorderarmes dient, während das den Vorderarm umspülende Wasser gleichmässig und mit der gewollten Geschwindigkeit alle gewünschten Temperaturen durchläuft.

von der ursprünglichen Form (Fig. 18). Ich wiederhole noch einmal denselben Versuch: ich setze links die Temperatur bis auf 20°,9 herab und erhalte eine erhebliche Herabsetzung des Pulses (Fig. 19). Darauf ersetze ich das kalte Wasser durch warmes von 37°,7, während rechts die Temperatur auf 32°,1 bleibt, und der Puls hebt sich wieder über die Norm hinaus (Fig. 20).

Ich unternehme einen Versuch an mir selbst mit Assistenz des Herrn Roth (Fig. 21, Taf. II). Im normalen Zustande ist der Dicrotismus auf der linken Seite ausgesprochener als rechts; die Temperatur ist 33° in beiden Cylindern. Ich beginne mit der Wirkung der Wärme, indem ich den rechten Vorderarm in Wasser von 43° eintauche. Nach zwei Minuten ist schon der Polycrotismus rechterseits verschwunden, so wie der Dicrotismus linkerseits, woselbst die Pulselevation höher wird (Fig. 22).

Ich tauche nun den linken Vorderarm in Wasser von 20° — der Puls ändert sich an beiden Extremitäten, indem er links viel kleiner wird (Fig. 22). Der Plethysmograph verzeichnet für den linken Vorderarm eine Abnahme des Volumens um 4 Cub.-Centim. Ich giesse Wasser von 35° auf den linken Vorderarm und erhalte auf dieser Seite eine höhere Pulswelle mit stumpfer Spitze (Fig. 24). Die Temperatur auf der entgegengesetzten Seite war mittlerweile schon auf 38°,2 heruntergekommen.

Das Fehlen des Dicrotismus an einer der beiden Extremitäten ist noch deutlicher bei dem folgenden Versuche, den ich am 28. Juli an meinem Bruder anstellte. Die erste Aufzeichnung (Fig. 25) wurde um 8 Uhr 30 Min. Morgens gemacht und stellt den normalen Puls beider Vorderarme nach einem leichten Frühstücke dar.[1]

Da nicht abzusehen, weshalb der Dicrotismus linkerseits weniger hervortritt, suche ich mich zu überzeugen, ob die Abweichung nicht von den Schwingmembranen der Apparate abhänge, und schreibe abwechselnd den Puls bald mit dem einen, bald mit dem anderen Tambour, und erhalte immer denselben Unterschied. Darauf lasse ich die Kälte einwirken. Während der linke Vorderarm in Wasser von 14° getaucht ist, zeigt der Puls die auf Fig. 26, Taf. III dargestellte Form.

Ausser der bedeutenden Kleinheit der Pulsationen sehen wir, dass der Einfluss der Athmung viel deutlicher geworden ist.

[1] Wie man aus dieser Figur ersicht, kam bei meinem Bruder ausserordentlich oft das Ausbleiben einer Pulsation vor. Beunruhigt über diese Erscheinung, für die ich sonst keinen Grund aufzufinden wusste, rieth ich ihm das Rauchen aufzugeben. Er befolgte diesen Rath, und hat es binnen einem Jahre so weit mit der Abgewöhnung gebracht, dass er gar nicht mehr rauchen kann. Nun ist die erwähnte Anomalie zwar nicht ganz verschwunden, aber doch so sehr zurückgetreten, dass das Ausbleiben einer Pulsation während eines stundenlangen Pulsschreibens höchstens zwei oder drei Mal vorkommt.

Im nächsten Augenblicke fülle ich den linken Cylinder mit Wasser von 40° an. Der Puls ändert sich in beiden Extremitäten. Links ist er viel höher geworden und rechts ist der früher bemerklich gewesene Tricrotismus verschwunden. Auch 10 Minuten später erhält sich noch immer der nämliche Gegensatz, und fehlt links jede Spur von Dicrotismus, während derselbe rechts höchst ausgesprochen ist (Fig. 27, Taf. III).

In den bisher mitgetheilten Versuchen hatte ich verhältnissmässig nur kurze Zeit die Kälte oder die Wärme einwirken lassen. Nun führe ich einen an mir selbst angestellten Versuch auf, der sich auf etwa 2 Stunden ausdehnte und bei dem ich eine bei Weitem stärkere Abkühlung der Haut erzielte, als bei den vorhergehenden. Da ich mich bei diesem Versuche einer auf die Oberfläche des Cylinders applicirten Kältemischung von Eis und Salz bediente, so bezeichnen hier die Grade des Thermometers nicht genau die Temperatur des Vorderarmes, weil der obere Theil des letzteren, der die Cylinderwände berührte, viel rascher abgekühlt wurde, als das umspülende Wasser.

Bei diesem Verfahren hatte ich den Vortheil, dass ich die successiven Aenderungen des Pulses aufschreiben und zugleich die Zu- oder Abnahme messen konnte, welche das Volum des Vorderarmes auf den verschiedenen Phasen des Versuches erfuhr. Für jetzt lasse ich die plethysmographisch bestimmten Volumsänderungen des Vorderarmes unter der Wirkung der Kälte unberücksichtigt, indem ich, wie gesagt, diesen interessanten Gegenstand nächstens in einer speciellen Abhandlung zu besprechen gedenke, zumal da zur Bestimmung der absoluten Werthe es noch nöthig ist, durch besondere Versuche die Aenderungen zu ermitteln, die das Volum des Wassers und die Capacität des grossen Glascylinders zusammengenommen bei den betreffenden Temperaturen erfahren, und danach die entsprechenden Correctionen zu berechnen.

Fig. 28 auf Taf. III stellt den normalen Puls auf beiden Vorderarmen dar. Um 5 Uhr 20 Min. Nachm. wurde der Glascylinder mit einer Kältemischung von Eis und Salz bedeckt. — Diese Procedur erfolgt, ohne dass der Cylinder eine Erschütterung erfährt, während andere Assistenten beauftragt sind, die Temperaturen abzulesen, die vom Plethysmographen verzeichneten Volumsvariationen des linken Vorderarmes aufzuschreiben und die Registrir-Apparate zu bewachen. Da ich nicht die ganze lange Reihe der bei diesem Versuche aufgenommenen Curven mittheilen kann, so führe ich nur einige wenige, und zwar zunächst die Curven 29 und 30 auf, welche ein Bild vom Pulse darbieten, während das Thermometer auf der linken Seite 22° und resp. 17° verzeichnete. Sodann zeigt Fig. 31 auf Taf. III den Puls beider Vorderarme, im Augenblicke, wo die Temperatur ihr Minimum bei diesem Versuche erreichte: das linke Thermometer ver-

zeichnete 13°,8, das rechte 34°,0. Man sieht, dass hier die Aenderung des Pulses durch die Erniedrigung der Temperatur rein local ist, da auf der rechten Seite schwerlich irgend eine Abweichung von der Norm erkennbar.

Kaum brauche ich zu bemerken, dass die erwähnten 13°,8 nicht die wahre Temperatur der Haut ausdrücken; dass diese vielmehr bedeutend stärker abgekühlt sein musste, nach der Schmerzempfindung zu urtheilen, die ich in dem mit dem Glase in Berührung stehenden Theile des Vorderarmes verspürte. — Hier liess ich die Kältemischung entfernen und auf den Glascylinder warmes Wasser giessen. 6 Uhr 10 Min.

Der Puls hob sich nach und nach und nahm die in Fig. 32 Taf. III dargestellte Form an.

In allen Beobachtungen, die in diesem Theile der Taf. III dargestellt sind, steht die Curve des linken Vorderarmes unter der des rechten. Um 6 Uhr 15 Min. werden die Curven der Fig. 33 und um 6 Uhr 25 Min. die der Fig. 34 geschrieben. Die Haut im oberen Theile des Vorderarmes, die sich in unmittelbarer Berührung mit den Glaswänden befand, und wo die Einwirkung der Kälte so stark gewesen, dass sie Schmerz erzeugte, ist jetzt lebhaft geröthet, während sie vorher bläulich war. In der ganzen Extremität, vornehmlich aber an den Fingerspitzen, empfinde ich ein leichtes Prickeln nebst Wärmegefühl. Inzwischen fährt man fort Wasser von 40° auf den Cylinder zu giessen. — Um 6 Uhr 30 Min. werden die Curven 35 geschrieben, an welchen man sieht, dass bereits die Gefässlähmung im Ausgleiche begriffen, während der Puls im rechten Vorderarme sich fast unveränderlich erhält. Um 6 Uhr 35 Min. wird blos die linksseitige Curve Fig. 36 aufgenommen. Ich unterbreche sodann die Beobachtung auf eine Viertelstunde, während welcher ich wiederholt die Hand contrahire, die Faust kräftig ballend und die etwas wehe gewordenen Finger bewegend. Um 6 Uhr 50 Min. nehme ich eine letzte Curve (Fig. 37) auf, aus welcher ersichtlich, dass der Puls im linken Vorderarme die Form wieder erlangt hat, die er eine Stunde vorher darbot.

Der Einfluss, den der Zustand der Gefässe auf die Pulsform ausübt, ist zu augenscheinlich, als dass es hier weiterer Ausführungen bedürfe. — Um die Wichtigkeit dieser Thatsache greller ins Licht zu stellen, will ich nur hinzufügen, dass wir jedesmal dieselbe einfache und sehr hohe Form des Pulses auftreten sehen werden, wenn wir auf irgend welche Weise eine Lähmung der Gefässe veranlassen. Wenn wir anstatt der Temperatur, wie in diesem Versuche, uns der Compression der Gefässe oder besser des Esmarch'schen Verbandes bedienen, um den Kreislauf in einer Extremität zu hemmen, so werden wir gleichfalls die Pulsationen im Vorderarme höher und einfacher ausfallen sehen; ebenso bei Inhalation von Amylnitrit, beim Fieber und überall, wo eine bedeutende Erschlaffung der Gefässe zu Stande

kommt. Es scheint, dass in solchen Fällen die kleinen Arterien nicht mehr wie früher dem Zudrange der vom Herzen kommenden Blutwelle widerstehen können: die nachgiebiger gewordenen Gefässwände erweitern sich übermässig und sind nicht mehr im Stande, durch ihre Elasticität gegen die durchtretende Welle zu reagiren.

Einfluss der Compression der Blutgefässe auf die Form des Pulses.

Die Erforschung der Modificationen, die der Puls in einem Körpertheile erfährt, wenn an dessen Oberfläche die Gefässe in der Weise comprimirt werden, dass dem Blutumlaufe ein graduelles und gleichmässiges Hinderniss entgegengesetzt wird, erscheint hier zum ersten Male als Gegenstand eines speciellen Studiums. — Jedoch finden wir bereits in einer Arbeit von Marey über Blutdruck und Geschwindigkeit des Blutes[1] eine sphygmographische Zeichnung, aus welcher hervorgeht, dass wenn man nach und nach den äusseren Druck auf die Oberfläche der Hand steigert, die Pulsationen in derselben anfangs höher, sodann niedriger werden und endlich ganz aufhören. Ich führe diese Beobachtung an, um dem französischen Forscher die ihm gebührenden Prioritätsrechte anzuerkennen, obgleich bei der betreffenden Versuchsreihe, da seine Aufmerksamkeit ausschliesslich auf die manometrische Messung des Blutdruckes in den menschlichen Arterien gerichtet war (und diesen suchte er durch einen auf die Oberfläche der Hand ausgeübten Gegendruck zu bestimmen), er die Pulsform unberücksichtigt liess und an seinem Registrirapparate nicht die passenden Modificationen anbrachte, um ein getreues Bild von den Pulsationen der Hand zu erhalten. Anstatt mich wie Marey eines metallischen Manometers und der comprimirten Luft zu bedienen, zog ich vor, die Steigerung des Druckes mittelst einer Wassersäule zu bewerkstelligen, die sich über dem den Vorderarm aufnehmenden Cylinder erhebt, während die durch die Pulsationen des Vorderarmes erzeugten Schwankungen der Flüssigkeit sich der Registrir-Trommel mittheilen. Der Hydrosphygmograph eignet sich sehr gut zu derartigen Untersuchungen; man braucht nur an der Mündung *B* ein Rohr anzubringen und in diesem nach und nach den Wasserstand zu erhöhen, um alle zum Versuche erforderlichen Bedingungen herzustellen. — Um die Pulsationen nicht zu verunstalten, wählte ich ein dünnwandiges Glasrohr von etwas geringerem Durchmesser als die Mündung *A*.

Ein kragenförmig das untere Ende der Glasröhre umfassendes Stück Gummirohr diente zu deren luftdichten Befestigung in der ebenerwähnten

[1] *Travaux du Laboratoire de M. Marey.* Année 1876, p. 318.

Mündung. — Um es genau bis zu dem auf seiner Oberfläche bezeichneten Punkte mit Wasser anzufüllen, genügte es, allmälig die Flasche auf der Stativ-Stange *M* (Fig. 1) in die Höhe zu schieben; damit aber bei zunehmendem Drucke das Wasser aus dem Hydrosphygmographe nicht etwa unter dem Gummiärmel entweiche, umgab ich letzteren mit mehreren Touren eines dünnen elastischen Rohres und liess diesen Verband in den Pausen der Versuche unverrückt stehen, um von dieser Seite her bei den auf einander folgenden Beobachtungen keinen Wechsel der Bedingungen aufkommen zu lassen.

Nun kommen wir zu einem ersten Versuche, den ich am 22. September an Herrn Agostino Candana anstellte (Fig. 38, Taf. IV). Bei der Betrachtung der Normalcurven beider Vorderarme bemerkt man leicht einen Unterschied in den Pulshöhen, der von der ungleichen Empfindlichkeit beider Schwingmembranen abhängt, wie ich mich leicht durch wechselweise Application der zweien Registrirtrommeln an beiden Vorderarmen überzeugte. Nachdem die ersten Curven entworfen wurden, bringe ich das etwa 22 Centim. hohe senkrechte Rohr an, dessen oberes Ende durch einen elastischen Pfropf mit durchgestecktem Glasröhrchen verstopft ist. Ich schiebe die Compensationsflasche *E* an dem Stative *M* in die Höhe, so dass ich über dem ursprünglichen Wasserstande eine 20 Centim. hohe Wassersäule erhalte. Der Luftraum zwischen dem Wasserspiegel und dem Pfropfe ist ungefähr so gross, wie derjenige, der früher im Halse des Cylinders bestand. Nachdem ich mich versichert, dass der circuläre Druck am Ellbogen genügt, das Entweichen des Wassers zu verhindern, ohne dabei übermässig zu schnüren, bringe ich das Rohr an, welches mit dem Schreibapparate in Verbindung steht, und nehme die Curven beider Vorderarme auf (Fig. 39, Taf. IV). Die Verstärkung des Pulses, die schon deutlich für das Auge in dem Verticalrohre bemerkbar war, und das Auftreten des Dicrotismus sind zwei so auffällige Erscheinungen, dass kein Zweifel über ihren causalen Zusammenhang mit der Zunahme des äusseren Druckes auf die Oberfläche der Gefässe obwalten kann. — Am linken Vorderarme, der zum Vergleiche dient, ist keine Aenderung erfolgt, ausser dass der Einfluss der Respiration etwas deutlicher geworden.

Am 13. September ergab mir ein gleicher, mit dem nämlichen Apparate und an derselben Person angestellter Versuch ziemlich ausgesprochenen Tricrotismus. Fig. 40 auf Taf. IV stellt den Puls des rechten Vorderarmes vor dem Versuche dar. Während des Druckes von 20 Centim. Wasser (Fig. 41, Taf. IV) sieht man die regellosen und mehrfachen Undulationen des diastolischen Schenkels der einzelnen Pulswellen sich zu einem sehr ausgesprochenen Tricrotismus umgestalten, während der Puls, der Behinderung des Blutumlaufes wegen, zwei oder drei Mal höher wird.

Zur Erforschung des Einflusses höherer Drücke auf die Pulsform benutzte ich ein Glasrohr von etwa 20 Millim. im Durchmesser, 1 Meter lang, worin mittelst eines eisernen Stäbchens ein Pfropf, der ein langes Gummirohr trug, auf und nieder gleiten konnte. Durch Hebung oder Senkung der mit dem grossen Glascylinder communicirenden Flasche *E* konnte ich nach Belieben die Höhe der Flüssigkeitssäule ändern, und sobald die gewünschte Druckhöhe erreicht war, senkte ich mittelst des Stäbchens den Gummi-Pfropf so weit, dass jedesmal über dem Wasser ein nahezu gleicher Luftraum übrig blieb. — Dieses Verfahren bot mir den Vortheil, den Druck ziemlich genau regeln zu können, und ersparte mir eine Reihe von Manipulationen, bei welchen eine unerwünschte Aenderung der Bedingungen des Versuches nicht leicht zu vermeiden gewesen wäre.

Ich entwerfe zunächst die Normalcurve (Fig. 42) und erhöhe sodann den Druck, indem ich die Wassersäule im verticalen Rohre bis auf 50 Centim. ansteigen lasse. Der vorhin polycrotische Puls wird exquisit dicrotisch (Fig. 43 auf Taf. IV).

Ich setze den Druck sofort auf 20 Centim. herab, und der Puls wird tricrotisch (Fig. 44, Taf. IV).

Eine nicht minder interessante Thatsache ist die, dass ausser der Verminderung der Zahl der Oscillationen auch noch eine Aenderung der Zeit und der Art und Weise ihrer Aufeinanderfolge beobachtet wird. Betrachtet man nämlich die Curve 43, so erkennt man leicht, dass die dicrotische Elevation bedeutend später zu Stande kommt, als es in der Curve 42 oder in der bei einem Drucke von 20 Centim. erhaltenen Curve 44 der Fall. Mit anderen Worten, sehen wir jene Schwingungen der Gefässe, die, nach der heute unter den Aerzten vorherrschenden Ansicht, als centrifugal durch das Arteriensystem fortschreitende Rückstosswellen betrachtet werden, näher gegen das Ende des diastolischen Wellenschenkels rücken.

Diese Verschiebung der catacrotischen Elevationen chronometrisch zu messen, scheint mir eine der interessantesten Untersuchungen über die Natur des Pulses, und ich hoffe bald eine Reihe solcher unternehmen zu können.

Ich erwähnte bereits im vorigen Capitel, dass es auch im normalen Zustande leicht vorkommt, sehr deutlichen Dicrotismus auf einer Körperstelle vorzufinden, während er auf der anderen Seite fehlt. Etwas ganz ähnliches ereignet sich auch in dem eben beschriebenen Versuche.

Da wir nun sehen, dass durch eine locale Wirkung die characteristischsten Merkmale des Pulses geändert werden können, indem in einer Extremität eine, zwei, drei catacrotische Elevationen erzeugt werden, ohne dass sich der Puls in der anderen Körperhälfte ändert — werden wir gewiss in diesem Falle die Ursache der Modificationen nicht im Herzen

oder in der Aorta suchen, sondern festhalten, dass hier Di- und Tricrotismus eine locale, von dem Zustande der Gefässe abhängige Erscheinung darstellen.

Da der im Inneren des grossen Cylinders erzeugte Druck den Vorderarm herauszutreiben strebt, und zwar um so stärker, je höher die Wassersäule, so musste ich bei solchen Versuchen die Befestigung des Vorderarmes besser zu sichern suchen. Zu diesem Zwecke bediente ich mich desselben Verfahrens, das bereits von Marey in der angeführten Abhandlung angegeben worden ist.

Ich nahm einen sehr dünnen Gummiärmel, und nachdem ich ihn an der Mündung des Cylinders angebunden, stülpte ich ihn in das Innere desselben herein. Die Zunahme des Druckes musste ihn dann immer stärker an die Oberfläche des Vorderarmes anpressen. Damit der freibleibende Theil zwischen Vorderarm und Rand des Cylinders nicht übermässig ausgedehnt werde und bei starkem Drucke nicht etwa unter sackiger Ausbuchtung platzen könne, umwickelte ich ihn mit mehreren Touren einer sehr festen leinernen Binde.

Ferner fixirte ich den Apparat (bei rechtwinkliger Flexion des Vorderarmes) unbeweglich mittelst einer gepolsterten hölzernen Rinne, die hinter dem Ellbogen ihren Stützpunkt hatte und fest an den Cylinder angebunden wurde. Auf solche Weise wurde im hinteren Theile des Gliedes, in der Gegend des Ellbogens, ein Gegendruck ausgeübt, der jedem beliebigen Wasserdrucke im Inneren des Cylinders das Gegengewicht halten konnte.

Unter progressiver Steigerung des Druckes auf die Oberfläche des Vorderarmes zwischen 0 und 1 Meter erhielt ich eine Reihe von Curven, welche die schon von Marey angegebene Thatsache bestätigen, dass bei zunehmendem Drucke der Puls anfangs an Höhe zunimmt, aber über eine gewisse Grenze hinaus wieder nach und nach abnimmt, um endlich ganz zu verschwinden. Es lassen sich nicht füglich bestimmte Zahlenverhältnisse aufstellen, da es bei verschiedenen Personen, je nach der Energie der Herzschläge und der Höhe des Blutdruckes, sehr erhebliche individuelle Verschiedenheiten gibt. Während z. B. bei Herrn Caudana ein Druck von 50 Centim. genügte, um den Tricrotismus in Dicrotismus zu verwandeln und die dicrotische Elevation des Pulses zu verzögern, gehörte hierzu bei Herrn Roth, der viel kräftiger ist, ein bedeutend höherer Druck.

Herr Roth hatte im normalen Zustande den durch die Curve 45 auf Taf. IV dargestellten Puls. Bei einem Drucke von 70 Centim. erhielt ich bei ihm die Curve 46. Bei 1 Meter die Curve 47. Während unter solchen Bedingungen bei Herrn Caudana im vorhergehenden Versuche der Puls fast gänzlich verschwunden war, sehen wir im vorliegenden Falle die Pulswelle noch ziemlich hoch bleiben, weil bei Herrn Roth der Blutdruck

stärker ist. Auch bei einem Drucke von 1,50 Meter ist der Puls noch nicht ganz unterdrückt, obgleich allerdings nur kaum eine Spur von Pulsationen wahrnehmbar ist (Curve 48). Erst bei 1,60 Meter hält der äussere Wasserdruck dem inneren Blutdrucke das Gleichgewicht und hebt die Pulsationen des Vorderarmes völlig auf.

Bei Herrn Garzena, nach einem Frühstücke, bei welchem Marsala-Wein getrunken wurde, hebt der Puls mit der grössten Leichtigkeit eine Wassersäule von 80 Centim. und giebt die höchsten Pulswellen, die ich je bei meinen Versuchen erhalten (Fig. 50, Taf. IV). Der unmittelbar vor und nach der Compression erhaltene Puls ist durch die Fig. 49 und 51 dargestellt.

Um den Zweifel auszuschliessen, ob nicht etwa die beobachteten Oscillationen des Pulses von den Schwingungen der elastischen Membran abhingen, die den Cylinder in der Höhe des Ellbogens abschliesst, ersetzte ich den elastischen Aermel durch einen Kitt aus Gyps, Bleiweiss und Oel, wie ihn die Glaser anwenden. Nachdem ich damit den Zwischenraum am Ellbogen zwischen Haut und Mündung des Cylinders ausgefüllt, brachte ich darauf noch mehrere Touren einer Leinbinde an, um den Verschluss fester zu machen. Die letzterwähnten Curven des Herrn Garzena (49, 50, 51) wurden bei Anwendung dieses Verfahrens gewonnen.

Da das Anhaften jenes Kittes an der Haut und dessen Consistenz nicht der Art waren, dass bei hohem Drucke und den dann vorkommenden leichten Verschiebungen des Vorderarmes das Entweichen des Wassers sicher verhütet werden konnten, behielt ich bei anderen Versuchen den elastischen Aermel bei, aber bestrich ihn mit einer dicken Schicht plastischer Kreide, um die Schwingungen der Membran zu verhindern. Und auch bei Anwendung dieser Cautelen blieb die Gestalt der Curven dieselbe. — Obgleich nun bei solchen Vorsichtsmaassregeln der Einfluss, den die eigenen Schwingungen der Flüssigkeitssäule auf die Pulsform ausüben können, nicht gänzlich ausgeschlossen ist, darf man immerhin mit grösster Wahrscheinlichkeit behaupten, dass dieser Einfluss nur minimal sein kann und dass die am Pulse wahrnehmbaren di- und polycrotischen Schwankungen wirklich in den Gefässen stattfinden.

Was die Art und Weise anbetrifft, wie die Aenderungen des Pulses bei progressiver Zunahme des Druckes zu Stande kommen, so ist es nicht schwer, sich darüber eine Vorstellung zu machen, wiewohl ich glaube, dass der Gegenstand noch weitere Nachforschungen verdient.

Wenn die Wassersäule nicht zu hoch ist, so wächst die Amplitude der primären Pulselevationen, weil mit dem äusseren Drucke die Widerstände in der Capillärbahn wachsen und den Blutlauf durch die kleinen Arterien erschweren. Die Kraft, mit der die Blutwelle in die Arterien

gelangt, setzt sich, so zu sagen, gänzlich in eine Pulsation derselben um, während vorhin ein bedeutender Theil derselben, unter Besiegung des Widerstandes der kleinen Gefässe, auf die Fortbewegung der Blutmasse verbraucht wurde.

Da jedoch zur Behinderung des capillären Kreislaufes ein minimaler Zuwachs des äusseren Druckes genügt, so wird, nach Ueberschreitung dieser Grenze, jede weitere Steigerung des Druckes die elastischen Schwingungen der Gefässe erschweren. Und bei immer wachsendem Widerstande, dem die Pulsationen begegnen, wird bald eine zweite Grenze erreicht, wo das Blut gar nicht mehr in die Gefässe des betreffenden Körpertheiles eintreten kann, weil der extravasale Druck den intravasalen aufwiegt.

Consecutive Aenderungen des Pulses nach einer Unterbrechung des Blutumlaufes.

Wir sehen im vorigen Capitel, dass man unter gradueller Zunahme des äusseren Druckes auf die Oberfläche eines Körpertheiles im Stande ist, den Blutlauf in demselben zu verhindern. Die Haut des Vorderarmes zeigt auf diesem Punkte eine blasse, leichenähnliche Farbe und die kleinen Gefässe sind leer. Wenn der Druck einige Minuten anhält, so verspürt die Person, wie bei der Compression der A. brachialis, ein Gefühl von Ameisenkriechen; hört sodann der Druck mit einem Male auf, so dringt das Blut in die Gefässe ein und färbt sich sofort die Haut lebhaft roth.

Die Compression mittelst einer Wassersäule von 1 bis 2 Meter Höhe bot jedoch den Uebelstand, dass wir dabei auf die schwebende Lage des Apparates verzichten, den Vorderarm rechtwinklig flectiren und zur sicheren Fixirung des Cylinders einen keineswegs indifferenten Druck auf die Haut des Ellbogens ausüben mussten. Deswegen zog ich es vor, mich anderer Mittel zu bedienen, welche, ebenfalls einen völligen Stillstand des Blutumlaufes herbeiführend, geeigneter wären, die Beobachtung der successiven Aenderungen des Blutes zu gestatten. Unter solchen Mitteln wählte ich vor Allem den Esmarch'schen elastischen Verband.

Von der ganzen Reihe hierher gehöriger sphygmographischer Beobachtungen will ich nur einige bemerkenswerthere Bruchstücke aus einem am 21. September um 3 Uhr Nachmittags an Herrn Garzena angestellten Versuche mittheilen.

Nachdem ich an den Curven 52 (Taf. V) gesehen, dass der Puls auf beiden Seiten gleich, befreie ich den linken Vorderarm aus dem Cylinder und lege an demselben Gliede um 3 Uhr 14 Min. den Esmarch'schen Verband an, wobei ich die Binde bis gegen die Mitte des Oberarmes hinaufführe. Sodann mache ich einige straffere Touren, um das Eindringen des Blutes

gänzlich zu verhindern, und löse darauf den Verband in seinem vorderen Theile. Bei erneuerter Application des Hydrosphygmographen auf der linken Seite bemerke ich ein Zittern, welches wahrscheinlich von einer fibrillären Contraction der Muskeln herrührt (Fig. 53. Taf. V).

Während man a priori wegen der Unterbrechung des Blutlaufes auf der linken Seite, rechterseits eine Verstärkung des Pulses erwarten durfte, stellt sich das Gegentheil heraus: der Puls ist am rechten Vorderarme bedeutend kleiner als zuvor, was sich vielleicht aus dem schmerzhaften Ameisenkriechen, das Herr Garzena am ganzen linken Vorderarme empfand, erklären mag. — Nachdem die Compression 8 Minuten gedauert, beseitige ich die den Arm zusammenschnürende Binde. Das gewaltig einbrechende Blut färbt die Haut im Nu lebhaft roth. Der Plethysmograph verzeichnet eine Volumzunahme um etwa 40 Cubik-Centimeter. Doch das Ameisenkriechen dauert fort, die schmerzhafte Empfindung hört nicht auf, scheint im Gegentheil anfangs stärker zu werden.

Es vergehen etwa 2 Minuten auf Zurechtstellung des Plethysmographen und des pulsschreibenden Apparates. Trotz des verstrichenen Zeitraumes bleibt die Gefässlähmung noch sehr ausgesprochen: links ist der Puls höher, rechts etwas kleiner als normal (Fig. 54, Taf. V).

Ich fahre ununterbrochen mit dem Sphygmographiren fort. — Nach 6 Minuten bleibt der Puls zwischen beiden Vorderarmen noch sehr verschieden (Fig. 55). Um 3 Uhr 58 Min. erhalte ich die Curven 56. — Ohne mir bekannten Grund nahm nachträglich der Puls im rechten Vorderarme sehr bedeutend ab, bis er um 4 Uhr 5 Min. die in Fig. 57 dargestellte Form erreichte, woran die ursprüngliche Gestalt gar nicht mehr erkennbar ist. Linkerseits dagegen kehrte der Puls im Laufe von 36 Minuten nach und nach, wie aus Fig. 56 ersichtlich, zu der vor der Ischämie dargebotenen Gestalt zurück.

Die Differenzen, die gegen das Ende dieses Versuches in der Höhe und Form des Pulses beobachtet wurden, waren in viel ausgesprochenerer Weise bei einem am Morgen an demselben Herrn Garzena angestellten Versuche zu Tage getreten. — Ich führe die betreffenden sphygmographischen Bilder nicht auf, weil ich nur den Puls des rechten Vorderarmes aufgenommen hatte.

Abgesehen von der starken Höhenzunahme des Pulses, die unmittelbar nach Herstellung des Blutlaufes stattfindet und gewiss von einem paralytischen Zustande der Gefässe abhängt, ist die Vorstellung, die ich mir auf Grund einer langen Versuchsreihe über die successiven Variationen des Pulses habe bilden können, entschieden die, dass sie zum Theil von der verschiedenen Energie der Herzschläge, zum Theil aber auch von der veränderten Elasticität der Gefässwände bestimmt sein dürfte. Die von

mir auf plethysmographischem Wege gewonnenen Aufschlüsse sind für den Augenblick nicht umfassend genug, um, ohne den Behelf guter paralleler Herzstosscurven, die sichere Lösung der Frage zu gestatten.

Bei dem in den Morgenstunden an Herrn Garzena unternommenen Versuche sah ich auf die primäre, von der Lähmung durch Ischämie bedingte Zunahme der Pulshöhe, eine successive Abnahme derselben folgen. Der Puls erreichte hierauf für einige Minuten die ursprüngliche Höhe und Form; sodann schwächte er sich fast bis zum Unsichtbarwerden; dann wurde er wieder stärker, näherte sich für einige Minuten an den normalen Typus, um zuletzt noch einmal abzunehmen.[1]

Alle diese Aenderungen erfolgten in progressiver Weise, und war der Uebergang von einer Form zur anderen so regelmässig, dass es genügt, eine Reihe solcher Sphygmogramme durchzuschauen, um sich zu überzeugen, dass derartige Variationen gewiss nicht von den trüglichen Nebenbedingungen der Versuche abhängen können.

Um jeden von der Application des Apparates herrührenden Irrthum zu vermeiden, verdoppelte ich die Cautele, und häufig kam es vor, dass, wenn eine dergleichen Modification des Pulses zum Vorschein kam, ich die Versuchsperson darauf aufmerksam machte, um sie zur nöthigen Unbeweglichkeit aufzufordern und zu erfahren, ob die Erscheinung nicht etwa von einer inneren Geistesregung abhinge. — Obgleich die geweckte Aufmerksamkeit zuweilen an und für sich eine Aenderung des Pulses hervorbrachte, so beobachtete ich doch eben so oft, dass der Puls seine Form änderte, auch während die Versuchsperson versicherte, sich in völligster Ruhe zu befinden.

Bei den Versuchen über Ischämie pflegte ich, um eine Entstellung der Curve durch die am Anfange stattfindende Volumzunahme zu vermeiden, erst jedesmal 30—40 Secunden abzuwarten, bevor ich den Schreibapparat in Thätigkeit setzte. — Nun folgen zwei Versuche, die ich am Vor- und Nachmittage des 20. September mit Assistenz der Herren Roth und Garzena an mir selbst angestellt habe. Curve 58 auf Taf. V zeigt den Puls des linken Vorderarmes um 10 Uhr 30 Min. Vormittags. — Ich nehme den Vorderarm aus dem Glascylinder heraus und applicire mir daran den Esmarch'schen Verband, worauf ich wieder den Hydrosphygmographen anbringe. — Nachdem die Compression 8 Minuten gewährt, lüfte ich den Knoten. Das Blut dringt in den Vorderarm ein, dehnt sichtlich alle Gefässe aus, röthet die Haut, und ertheilt dem Pulse eine ungewöhnliche Höhe (Fig. 59). Nach 3 Minuten ist die Ausgiebigkeit

[1] Nächstens werde ich diesen Gegenstand ausführlicher in einer Arbeit über die *Beziehungen des Blutkreislaufes im menschlichen Hirne und Vorderarme* behandeln.

der Pulsschläge immer noch bedeutend höher als normal (Fig. 60). Erst 12 Minuten nach Aufhören der Ischämie nimmt der Puls eine der ursprünglichen sich nähernde Form an (Fig. 61).

Am Nachmittage stelle ich in derselben Weise den zweiten Versuch an mir selbst an. Fig. 62 stellt den normalen Puls zu Anfange des Versuchs dar. Die Unterbrechung des Blutlaufes im Vorderarme dauert 10 Minuten, worauf, nach Herstellung des Blutzuflusses, die Curve 63 erhalten wird. Die Gefässe erhalten bald ihren Tonus wieder, und das Auge verfolgt an dem Verlaufe der Curve 64 das Schwinden des paralytischen Zustandes: obgleich die Curve kaum 1 Minute später gezeichnet worden, ist darin die Höhe der Pulswellen schon bedeutend geringer.

Bei den bisher angeführten Versuchen sieht man deutlich, wenn man den normalen Puls mit dem nach der Ischämie sich einstellenden vergleicht, dass die während der Unterbrechung des Blutlaufes wahrscheinlich erfolgende Ernährungspause tief die Elasticität und den Tonus der Arterien ändert, weshalb diese der nun zuströmenden Blutwoge nachgeben und leicht eine übermässige Ausdehnung erfahren.

Als ich die in diesem Capitel beschriebenen Versuche begann, hoffte ich, dass es mir vielleicht gelingen würde, in der Form des Pulses oder in der grösseren oder geringeren Geschwindigkeit, mit der sich der ursprüngliche Gefässtonus herstellt, eine Verschiedenheit aufzufinden, je nachdem eine mehr weniger vollständige Sistirung des Blutlaufes durch Compression der Oberarmarterie stattfindet, oder durch einen elastischen Verband die Arterien, Capillaren und Venen geleert werden, oder endlich eine Blutstase durch Compression der Venen herbeigeführt wird. Der Vergleich bietet grosse Schwierigkeiten dar, die ich bisher nicht zu beseitigen vermocht habe. Beim Menschen ist die isolirte Compression der Arterien und Venen ein so gut wie ganz unmögliches Unternehmen, und es bleibt nur die Vivisection, um an Thieren die Lösung einer Frage zu suchen, die für das Studium der Lebensvorgänge in den Blutgefässen gewiss nicht ohne Belang ist.

Jetzt komme ich auf einen Versuch mit Compression der Oberarmarterie, den ich am 8. August an Herrn Caudana angestellt habe. Nachdem ich mich versichert, dass der Puls an beiden Extremitäten gleich war (Fig. 65, Taf. V), comprimire ich mit den Fingern die linke A. brachialis, so dass sie gänzlich verschlossen ist. Nach Ablauf einer vollen Minute, während welcher Herr Caudana ein Gefühl von Ameisenkriechen wahrnahm, lasse ich die Arterie los. Nach Aufhören der ersten starken Volumzunahme stelle ich im nächsten Augenblicke die Verbindung des linken Cylinders mit dem Schreibapparate her. Die höhere Elevation und die Formänderungen des Pulses auf der Seite, wo der Blutlauf unterbrochen

worden war, sind auffällig genug (Fig. 66, Taf. V), um mir ihre Beschreibung zu ersparen.

In einer früheren Arbeit[1], wo ich die Volumzunahme des Vorderarmes nach Compression der A. brachialis plethysmographisch gemessen hatte, bemerkte ich hierüber Folgendes: „Im Augenblicke, wo die Arterie sich wieder öffnet, erfolgt eine rasche Volumzunahme: das Blut bricht in die Gefässe des Vorderarmes ein, und in Folge der Ernährungsstörung, welche diese während des Verschlusses der Hauptarterie erfahren, vermögen sie der Heftigkeit des Blutdruckes nicht zu widerstehen, sie dehnen sich übermässig aus, und die Volumcurve erreicht bald ein Maximum, von dem sie langsam, mit der allmählichen Herstellung des Gefässtonus, auf den ursprünglichen Werth heruntersteigt.“

Ich hatte bereits, bei einer Reihe von Versuchen über die Hirnbewegungen beim Menschen, Gelegenheit gehabt, auf diese Erscheinung zurückzukommen. Jetzt, wo mir dasselbe Problem in Betreff des Vorderarmpulses entgegentritt, habe ich an der einmal gegebenen Deutung nichts zu ändern.

Locale Variationen des Pulses

in Folge willkürlicher oder durch den Inductionsstrom hervorgerufener Muskelcontractionen.

Die Aenderungen; welche der Blutlauf in den Muskeln während ihrer willkürlichen Contraction erfährt, sind bisher so wenig von den Physiologen erforscht worden, dass es hoffentlich nicht ganz ohne Interesse sein wird, wenn ich hier in der Kürze über die Versuche berichte, die ich über diesen Gegenstand am Menschen angestellt und die ich ausführlicher in meiner Abhandlung *Sulle variazioni locali del polso nell' antibraccio dell' uomo* (S. 59) besprochen habe.

Da ich das Vergnügen gehabt, der Mehrzahl der Versuche des Dr. Gaskell im Ludwig'schen Laboratorium über die Aenderungen des Blutstromes in den Muskeln durch die Reizung ihrer Nerven[2] beizuwohnen, so nehme ich vollständig die Resultate seiner Forschungen an, und ich wäre glücklich, wenn meine Beobachtungen über den Puls als Ergänzung zu den schönen Untersuchungen meines geehrten Freundes dienen könnten.

Die wichtigste Aenderung des Pulses in Folge einer willkürlichen

---

[1] *Sopra un nuovo metodo per misurare i movimenti dei vasi sanguigni nel l'uomo*, S. 52.

[2] *W. Gaskell* in: *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig*, 1876.

Contraction der Muskeln würde, nach meinen Erfahrungen, in einem Höherwerden desselben bestehen, welches mit der erfolgenden Contraction beginnt und eine Zeit lang nach Rückkehr des Muskels zum Ruhestande anhält. Obgleich diese Zunahme der Energie des Pulses bereits aus längst mit dem Marey'schen Sphygmographen gemachten Versuchen bekannt war, so verdienen doch die Ursachen, welche diese Erscheinungen hervorbringen und nachträglich, nach Aufhören der Muskelcontraction, die Pulsform ändern, eingehender studirt zu werden.

Um mir in Betreff der Ursachen, von welchen die abweichenden sphygmographischen Bilder während einer willkürlichen Muskelcontraction abhängen, eine weitläufige Ausschweifung zu ersparen, will ich an eins der Ergebnisse der Gaskell'schen Arbeit erinnern. Bei der Messung der Geschwindigkeit, mit welcher das Blut aus den Venen einer Muskelgruppe beim lebenden Thiere vor, während und nach der Reizung des entsprechenden N. cruralis ausfliesst, fand Gaskell: „mit dem Beginne des Tetanus den Strom stossartig beschleunigt, bei weiter Dauer der Contraction zuerst fast bis zum Versiegen geschwächt, dann aber wieder allmählich anschwellend; mit dem Ende des Tetanus sinkt die Geschwindigkeit noch einmal vorübergehend ab und erhebt sich darauf im Verlaufe von Secunden auch wieder zu einem Maximum, von dem sie dann langsamer, als sie zu ihm emporgegangen, wieder in die Nähe des Werthes herabsinkt, den sie vor der Reizung besessen“ (a. a. O., S. 77).

Meine eigenen Versuche über die willkürliche Muskelcontraction beim Menschen bestätigen vollkommen diese Ergebnisse, welche Gaskell bei der electrischen Reizung der Nerven an Thieren gewonnen. Ich fand nämlich die Form der Pulscurve während der Muskelcontraction ganz derjenigen analog, die man bei Behinderung des Blutabflusses durch eine Compression der kleinen Gefässe erhält. Die Beschleunigung und die vorübergehende Verzögerung des venösen Abflusses bei beginnendem oder aufhörenden Tetanus entspricht genau der Verminderung des Volumen oder der Zunahme desselben, die ich plethysmographisch am Vorderarme im Beginne und am Ende einer willkürlichen Contraction beobachtete. — Da sich beim Menschen, auch bei electrisch erregten Contractionen, die gleichen Erscheinungen wiederholen, so ist es durchaus undenkbar, dass die Verstärkung des Pulses von einer Erschlaffung oder Erweiterung der Gefässe während der Muskelarbeit, etwa wie in den Drüsen bei Anregung ihrer secretorischen Thätigkeit, abhänge. — Der Puls wird höher, weil bei der Contraction der Muskeln die Venen comprimirt werden und daher der Blutlauf local behindert oder sehr erschwert wird, wie wir es im Capitel über die mechanische Compression der Gefässe gesehen haben. — Diese mechanische Erklärung der Erhöhung des Pulses schliesst keineswegs die

Möglichkeit einer gleichzeitigen Aenderung des Gefässtonus aus, welche sich nachträglich, wenn der Muskel zur Ruhe gekommen ist, äussert.

Von meinen vielfachen Versuchen über die durch den Inductionsstrom angeregten Contractionen führe ich nur fragmentarisch einen einzigen auf, der eine genaue Vorstellung von diesen Modificationen des Pulses geben kann. — Um eine durch den Inductionsstrom angeregte Contraction der Vorderarmmuskeln zu erhalten, genügt es durch die Pfröpfe der Oeffnung *AB* des Hydrosphygmographen (Fig. 1, S. 3) zwei metallische Drähte, welche als Electroden eines Schlittenapparates dienen, durchzustecken und in das Wasser, worin der Vorderarm eingetaucht ist, einzuleiten. Bringt man eine Electrode mit der Haut im oberen Drittel des Vorderarmes, den Flexoren der Hand entsprechend, in Berührung, so erhält man, auch ohne dass die zweite Electrode die Hand zu berühren brauche, eine tetanische Contraction der Muskeln, wodurch die Faust kräftig geballt wird. — Fig. 67 auf Taf. VI stellt den Puls beider Vorderarme vor. Kaum hat der Inductionsstrom (bei einem Rollenabstande von 75· Millim.) eine Muskelcontraction im rechten Vorderarme angeregt, so erfolgt eine rasche Aenderung des Volumens, welche dem Hydrosphygmographen das Verzeichnen des Pulses unmöglich macht. Nach 3 Secunden zeigen sich die Pulsationen schon tief modificirt und behalten die nämliche Gestalt, bis einige Secunden später die Reizung aufgehört hat, welche übrigens kein Schmerzgefühl veranlasst hatte. Diesem Augenblicke entspricht eben das Ende der Curve 67, wovon die folgende (Curve 68), die den Puls beider Vorderarme unmittelbar nach Aufhören des Inductionsstromes vorstellt, eine Fortsetzung bildet.

Wenn die plötzliche Erhöhung des Pulses während der Contraction für das Vorhandensein eines mechanischen, den Blutabfluss aus den Capillaren und Venen hemmenden Widerstandes zu sprechen scheint, so können wir doch die gleichzeitige Aenderung des Gefässtonus nicht ausschliessen. In der That sehen wir am Pulse, nach Aufhören der Muskelcontraction, die Merkmale eines erleichterten Blutlaufes und einer Aenderung des Gefässtonus auftreten, die gewiss nicht als einfache Folge der so flüchtigen Behinderung oder der momentanen Unterbrechung des Blutumlaufes in den Vorderarmmuskeln angesehen werden darf.

Einfluss des Amylnitrites auf die Form des Pulses.

Bisher haben wir fast ausschliesslich jene Modificationen des Pulses betrachtet, die von einer Aenderung im Zustande der Gefässe abhängen, und den Einfluss ausser Acht gelassen, welchen andere, nicht minder wichtige Factoren — die Energie und Frequenz der Herzcontractionen — auf die Pulsform ausüben.

Um mir einen richtigen Begriff von einigen modernen Lehren über die Natur des Pulses zu verschaffen, wollte ich einige Versuche in dieser Richtung anstellen, und schien mir dieses um so nothwendiger, als seit den so sinnreich von Marey unternommenen Forschungen an schematischen Apparaten man bisher nicht mit gleichem Fleisse derartige Versuche am Menschen zu wiederholen gesucht hat. — Wie schwer auch ein solches Studium erscheinen mag, während die Physiologie und die Pharmacologie noch kein Mittel besitzen, um ohne gleichzeitige Modification im Zustande der Gefässe die Energie und die Frequenz der Herzschläge erheblich zu ändern, habe ich nichtsdestoweniger auf diesem Gebiete einen ersten Versuch unternehmen wollen.

Von den verschiedenen Mitteln, durch welche wir den Pulsrythmus zu beschleunigen vermögen, werde ich ausschliesslich den Einfluss des Amylnitrites in Betracht ziehen.

Hier folgt ein erster Versuch, den ich am 8. September an Herrn Garzena unternahm, unter gleichzeitiger Verzeichnung des rechten Vorderarmpulses und des Herzstosses. Zu letzterem Zwecke bediente ich mich des Marey'schen Cardiographen, den ich über dem 5. Intercostalraume applicirte. *H* stellt die Herzstosscurve, *R* die Pulscurve des rechten Vorderarmes dar (Fig. 69, Taf. VI). — Die entsprechenden Curven der Fig. 70 werden 20 Secunden nach begonnener Inhalation, während das Gesicht stark geröthet und der Puls sehr frequent geworden war, erhalten. Schon auf den ersten Blick bemerkt man, dass nach der Inhalation von Amylnitrit der Puls bedeutend grösser geworden und dass dieser Grössenzuwachs nicht auf verstärkten Herzstoss zu beziehen ist, da letzterer im Gegentheil, wie die cardiographische Curve *H* der Fig. 70 zeigt, eine Abnahme in seiner Energie erfahren hat. Beim Vergleiche der Pulswellen der Curve *R* Fig. 69 mit den ersten Wellen der entsprechenden Curve der Fig. 70, finden wir, dass in diesen alle Spur des Dicrotismus, der vor der Inhalation so ausgesprochen war, verschwunden ist. Die auf- und absteigenden Schenkel jeder Pulswelle sind gerade Linien geworden, die unter einem sehr spitzen Winkel zusammentreffen.

Weiterhin erscheint eine leichte Einkerbung im aufsteigenden Wellenschenkel: der Puls wird, nach der Landois'schen Terminologie, anacrotisch. Die Einkerbung wird immer ausgesprochener, bis zuletzt das vollständige Bild einer secundären Elevation zu Stande kommt, wie man an der Curve 70 *R* und an deren Fortsetzung 71 *R* sieht. Bei oberflächlicher Betrachtung der Fig. 70 könnte es scheinen, die Herzschläge seien so frequent geworden, dass die einzelnen Pulswellen keine Zeit zu ihrem vollständigen Ablaufe gewinnen, weshalb bereits eine zweite Systole beginnt, bevor in der ersten Welle auch nur der Dicrotismus, geschweige denn der Tricrotismus,

sich zu äussern vermochte. Nach dieser Vorstellung hätte der Puls virtuell dieselbe Form wie vorher, mit dem Unterschiede, dass jede einzelne Pulsation nicht Zeit genug zu ihrer vollständigen Aeusserung finde, indem sie durch die nachfolgende eingeholt und überwunden wird. Messen wir jedoch genau die Abscissenlänge jeder Pulsation, so finden wir leicht gegen Ende der Curve 70 *R* Pulswellen, die nahezu dem normalen Rhythmus entsprechen, d. h. denselben Zeitraum (Abscissenstrecke) einnehmen wie die Wellen der Curve 69 *R*, und wo dennoch die in letzteren so ausgesprochene dritte Elevation fehlt.

Diese Thatsache allein genügt, zu beweisen, dass der Tricrotismus nicht wegen gesteigerter Pulsfrequenz verschwunden ist, wie dieses übrigens aus der später geschrieben Curve 71 *R* hervorgeht, wo ebenfalls die dritte Elevation fehlt, obgleich die Pulsationen bereits in längeren Intervallen auf einander folgen.

Wenn man nur einigermassen mit den Curven des Marey'schen Cardiographen vertraut ist, erkennt man leicht an denselben die Punkte, welche den einzelnen Phasen der Herzthätigkeit entsprechen. Vergleicht man nun in dieser Hinsicht die vor und nach der Inhalation erhaltenen cardiographischen Curven, so finden wir, dass die Herzcontractionen in allen ihren Einzelheiten gleich geblieben sind. Verändert ist nur die Frequenz und Energie jeder Systole; aber der Typus und die Form sind dieselben. — Dieses Factum ist von nicht geringer Wichtigkeit; denn es zwingt uns, die Ursache der hier am Pulse vorgehenden Variationen ausserhalb des Herzens zu suchen.

Nehmen wir einen Augenblick an, es sei richtig die Meinung von Landois, dass der Dicrotismus von einer durch Zurückprallen des Blutes an den Semilunarklappen entstandenen, centrifugal fortschreitended positiven Welle herrühre, so müsste sich doch wahrscheinlich eine Spur jener Reflexion an der cardiographischen Curve wiederfinden. Meines Wissens hat Landois diese Nothwendigkeit nicht ins Auge gefasst; und doch ist es klar, dass ein Stoss, der im Stande ist, eine mit der Kraft des Pulses den ganzen arteriellen Baum durchlaufende positive Welle zu erzeugen, sich wohl auf irgend eine Weise in dem cardiographischen Bilde äussern sollte. Da nun aber der Dicrotismus keine Rückwirkung auf dieses Bild übt, worin sich sonst jede geringste Oscillation des Herzens äussert, da wir durch verschiedene Agentien das Profil des Pulses zu ändern und die dicrotische Elevation in einem Körpertheile zu beschleunigen oder zu verspäten vermögen, während der Puls auf der anderen Körperseite unverändert bleibt; wenn wir bei anderen Versuchen, sowie bei den letztbesprochenen, die Pulsform ändern konnten, während die Herzcurve in allen ihren Einzelheiten unverändert blieb: so heisst das wohl, dass die Ursache und der Ursprung

des Dicrotismus nicht im Centralorgane des Kreislaufes zu suchen sind. — Und diese Einwendung gewinnt um so mehr Kraft, wenn man bedenkt, dass alle in dieser Arbeit mitgetheilten Versuche zur Behauptung berechtigen, dass die Gefässe selbst die Factoren und den Sitz der beobachteten Modificationen abgeben.

Dass das Amylnitrit eine Lähmung der Gefässe und eine Herabsetzung des Blutdruckes bewirke, ist eine allgemein angenommene Thatsache, die auch bei unseren Versuchen für den Vorderarmpuls der meisten Personen, die sich den Inhalationen von Amylnitrit haben unterwerfen wollen, Bestätigung findet. — Viel weniger constant war dagegen die Wirkung des Amylnitrits auf das Herz. Wir sahen, dass bei Herrn Garzena eine Schwächung des Herzstosses hervorgebracht wurde, welche sich bei allen an ihm angestellten Versuchen constant wiederholte. Auch an Herrn Robutti, der ein kräftiger junger Mann ist, beobachtete ich unter der Wirkung des Amylnitrits eine Abnahme in der Energie des Herzstosses und eine Verminderung des Gefässtonus.

Ich gebe hier nicht die normalen Puls- und Herzstosscurven, die in diesem Falle vor der Inhalation erhalten wurden; denn sie stimmen völlig mit den Endstücken der Curven 73 überein. Ich beginne also sofort mit der Inhalation von Amylnitrit. Fig. 72 stellt die Herzstosscurve H und die Pulscurve des Vorderarmes (R) 20 Secunden nach Beginn der Inhalation dar.

Bei ω unterbreche ich die Inhalationen und es erfolgt ein unwillkürlicher Stillstand der Respiration, der etwa 1 Minute dauert, wie aus der Fortsetzung der Fig. 73 zu ersehen. Diese Erscheinung ist keine Folgewirkung des Amylnitrits; vielmehr war hier die Apnoe durch die tiefe Inspiration verursacht, durch welche die Herren Studiosi Garzena und Robutti bei den ersten Sitzungen zu hastig das Gas zu inhaliren gesucht hatten. — Der Dicrotismus verschwindet unter der Wirkung des Amylnitrits fast gänzlich und erleidet eine sichtliche Verzögerung, wie bei ω zu sehen, wo eine zweite Elevation auf der Abscissenlinie zu Stande kommt. — Nach Aufhören der Inhalationen wird der Abstand zwischen dem Beginne der Systole und dem Anfange der dicrotischen Elevation geringer, und während zugleich diese nach und nach grösser wird, erhält man eine allmählich ansteigende Stufenleiter, die am Ende der Curve 73 in den hergestellten normalen Puls übergeht.

Folgender Versuch, der am 12. September um 2 Uhr 50 Min. Nachmittags an Herrn Rattone angestellt wurde, zeigt, dass die Apnoe wegfällt, wenn man darauf Acht gibt, die Inhalation des Amylnitrites mit ruhigen Athemzügen zu bewerkstelligen.

Die Fig. 74, 75, 76 auf Taf. IX stellen den ganzen Verlauf dieses

Versuches ununterbrochen dar. — Nach Aufnahme der normalen Pulscurve des rechten Vorderarmes (74, *R*) und der gleichzeitigen Herzstosscurve (74, *H*) beginnen bei *α* in Fig. 75 die Inhalationen von Amylnitrit und hören bei *ω* auf. In Fig. 76 sieht man die durch dieses Gas hervorgerufenen Erscheinungen abnehmen und schwinden; das bei *ω* lebhaft geröthete Gesicht erlangte gegen Ende des den Curven 76 entsprechenden Zeitraumes sein normales Colorit wieder. Im Gegensatze zu den früheren Beobachtungen, sehen wir bei Herrn Rattone eine verstärkte Energie der Herzstösse unter der Einwirkung des Amylnitrites. Diese Verstärkung, die Herr Rattone bei jedem Versuche selbst empfand und angab, und die sich jedesmal deutlich und constant im cardiographischen Bilde aussprach, fehlte dagegen bei mir und anderen Personen, die sich dem Versuche unterworfen. Wir lassen für jetzt die Ursache dieser individuellen Abweichungen bei Seite, und wollen uns nur an die constante Wirkung, an die bei keinem von uns vermisste Erweiterung der Vorderarmgefässe, halten.

Betrachten wir das Pulsbild während der Inhalation, so bemerken wir sofort, dass der Anfangspunkt der dicrotischen Elevation rasch heruntergeht, bis er die Abscissenlinie erreicht; und bei aufmerksamerer Besichtigung finden wir überdies, dass der horizontale (parallel der Abscissenlinie gemessene) Abstand dieses Punktes von der Ordinate der beginnenden Systole allmählich anwächst. — Im oberen Theile des diastolischen Wellenschenkels erscheint eine leichte Einkerbung, von der man keine Spur im normalen Pulsbilde sah.

Bei diesem wie bei den vorigen Versuchen wiederholt sich die Thatsache, dass, bis auf den Rythmus, gar keine Beziehung besteht zwischen der Form des Herzstosses und der des Vorderarmpulses, so dass erstere in den Hauptstücken ganz unverändert bleibt, während letztere in allen wesentlichsten Merkmalen tief alterirt wird. Ich will mich nicht weiter über diese Thatsache ausbreiten, welche im Verein mit den oben entwickelten Betrachtungen zu dem Schlusse nöthigt, dass der Sitz und der Ursprung der hier wahrgenommenen Erscheinungen in der Peripherie, nicht im Centrum des Gefässsystems zu suchen sei.

Die von den Respiration abhängenden Volumsschwankungen waren während der Wirkung des Amylnitrites so stark, dass zu ihrer Beseitigung die Compensationsflasche des Hydrosphygmographen nicht genügte.

Um zu ermitteln, ob die durch Amylnitrit veranlasste Gefässerschlaffung von einer Einwirkung auf die vasomotorischen Centra oder von einer localen Wirkung auf die Gefässwände abhänge, nahm ich meine Zuflucht zu der Unterbrechung des Blutlaufes im Vorderarme durch Compression der A. brachialis oder mittelst eines elastischen Verbandes, welcher sicherer den Durchgang

des Blutes verhindert. Als ich sodann Amylnitrit einathmen liess und darauf plötzlich das circulationshemmende Moment beseitigte, fand ich, dass schon die ersten Pulsationen nach Herstellung des Blutlaufes die für den Einfluss des Amylnitrites characteristische Form darboten und völlig den gleichzeitigen Pulsationen der anderen Extremität glichen. Man darf schliessen, dass das Amylnitrit auf die Gefässe durch Vermittelung der vasomotorischen Centra wirke, ohne dass hierzu eine durch den Blutstrom vermittelte Berührung des genannten Stoffes mit den betreffenden Gefässwänden erforderlich sei.

Variationen des Pulses beim Fieber.

Um bei der Untersuchung des febrilen Pulses zu wissen, welcher Antheil den durch den fieberhaften Zustand gesetzten Alterationen im Zustande der Gefässe, und welcher der alterirten Herzthätigkeit zuzuschreiben sei, soll gleichzeitig und ununterbrochen die sphygmographische und die cardiographische Beobachtung geübt werden, wie ich es bei den vorhergehenden Versuchen über die Wirkung des Amylnitrites gethan. Die Application des Marey'schen Cardiographen an dem Thorax ist, trotz ihrer Mängel, das einfachste Mittel, über das wir heut zu Tage zur graphischen Darstellung der Herzschläge verfügen.

Meine wenigen diesbezüglichen Beobachtungen habe ich sämmtlich an Kranken von kräftiger Constitution, meistens an Handwerkern, die seit einigen Tagen an Wechselfieber litten, angestellt. So hatte ich den Vortheil: 1) eine Normalcurve während der Apyrexie entwerfen, 2) binnen wenigen Stunden alle Umgestaltungen, die der Puls während des ganzen Cyclus eines Fieberanfalles erfährt, verzeichnen, 3) die Complicationen ausschliessen zu können, welche die Anämie und die Schwächung des Herzmuskels in die Pulsform der durch langwierige Leiden erschöpften Personen hineinträgt.

Von meinen drei Beobachtungen wähle ich als Beispiel nur folgende.

Ottavio Chinetti, 25 Jahre alt, Maurer, hatte nach einem ersten Fieberanfalle seine Arbeit eingestellt und war am Tage des zweiten Anfalles in das S. Giovanni-Krankenhaus eingetreten. Zwei Tage darauf, während gegen Mittag ein neuer Anfall zu erwarten stand, nahm ich gegen 10 Uhr Vorm. die normale Pulscurve (Fig. 77, Taf. VIII) auf, worin der Dicrotismus sehr ausgesprochen ist. — Die sämmtlich zum vorliegenden Versuche gehörenden Figuren der Tafel VIII folgen von unten nach oben, entsprechend der durch die beigeschriebenen Zahlen angedeuteten Zeitordnung, auf einander.

Temperatur des Mastdarmes 37°,4 C.
Pulsfrequenz 72.

Unter Beachtung aller Vorkehrungen, um später den Hydrosphygmographen genau in gleicher Weise anbringen zu können, entfernte ich den Apparat und bat den Kranken, möglichst unbeweglich im Bette zu liegen.

Um 12, im Froststadium, bei einer Temperatur von 39°, änderte der Puls vollständig seine Gestalt, wie aus Fig. 78 ersichtlich: seine Frequenz ist grösser, der Dicrotismus beinahe verschwunden, die Pulswellen zwei oder drei Mal niedriger, und im diastolischen Schenkel derselben bemerkt man eine Reihe von unregelmässigen Elevationen, die zum Theil vom Muskelzittern abhängen. Letzteres wurde später so stark, dass trotz allen Bemühungen des Kranken, welcher unbeweglich zu bleiben suchte, und der Unterstützung des Armes, der Puls eine unentwirrbare Curve (Fig. 79) entwarf.

Um 2 Uhr 30 Min., während die Temperatur des Rectums bereits auf 40°,9 und die Pulsfrequenz auf 102 gestiegen war, sehen wir, dass der Puls eine abermalige und tiefe Modification erfahren hat (Fig. 80). Auf den Frost ist reichlicher Schweiss gefolgt und der so characterische Dicrotismus der Normalcurve ist in dieser Periode der Gefässerweiterung völlig verschwunden, während die Gesichtshaut und die Conjunctiva stark injicirt erscheinen. — Um 3 Uhr 45 Min. wird die Curve 81 aufgenommen.

Um 4 Uhr 30 Min., während das Fieber abzunehmen beginnt (Temperatur im Rectum 40°,2, Pulsfrequenz 88), bemerkt man am Pulse eine ausgesprochene Neigung zum Dicrotismus (Fig. 82).

Nach dieser Beobachtung, da nicht mehr zu befürchten war, den Kranken damit gar zu sehr zu belästigen, liess ich den Hydrosphygmographen über mehr als eine Stunde applicirt und schrieb alle 2 Minuten eine ganze Cylinder-Umdrehung.

Um 4 Uhr 39 Min. nimmt Pat. 1,0 schwefelsaures Chinin (und zwar, seinem Wunsche gemäss, ohne süsse Geschmackscorrigentia) ein. Während der Puls vorher die in Fig. 83 dargestellte Form zeigte, finde ich ihn gleich nach der Einnahme von Chinin bedeutend kleiner und etwas frequenter (Curve 84) — vermuthlich eine Folgewirkung der plethysmographisch nachweisbaren Gefässcontraction wegen des unangenehmen Eindruckes eines intensiv bitteren Geschmackes. Denn die Modification dauerte nur einige Minuten, um wieder der vorhergehenden Form Platz zu machen.

Da es mir unmöglich ist, die ganze Reihe der erhaltenen Curven aufzuführen, gebe ich nur noch die dem letzten Theile der Beobachtung angehörenden, wobei ich für jede die Zeit ihrer Aufnahme am Rande der Figur notire. Diese Reihe zeigt hoffentlich zur Genüge, dass die Umwandlungen des Pulses mit der grössten Regelmässigkeit, mit ununterbrochenem

progressivem Uebergange von einer Form zur anderen, abgelaufen sind. Der Kranke lag bequem zu Bette und blieb, so lange die Beobachtung dauerte, ganz unbeweglich.

Die letzte Curve (99) wurde am folgenden Morgen aufgenommen.

Vergleichen wir die im Frost- und im Schweissstadium erhaltenen Pulsbilder mit dem normalen Pulstypus der Apyrexie, so können wir unmöglich die auffällige Analogie zwischen den febrilen Alterationen des Pulses und den rein localen, die unter dem Einflusse der Kälte und der Wärme zu Stande kommen, verkennen. Abgesehen von der dem Fieber zukommenden Steigerung der Pulsfrequenz, ist die Analogie, ja ich möchte beinahe sagen die Identität der Umwandlungen des Pulses in beiden Fällen so tiefgreifend, dass man sich bestimmen lassen könnte, der Annahme Derer beizutreten, die den Grund der febrilen Erscheinungen vorzüglich in den Gefässen suchen.

Dass die Kleinheit des Pulses im Froststadium von der Contraction der Gefässe herrühre und dass im Schweissstadium eine Erschlaffung der Gefässe obwalte, kann von Niemanden bezweifelt werden. Getheilt werden erst die Meinungen in Betreff der Beziehungen zwischen dem Zustande der Gefässe und dem Herzen, zwischen der Energie der Herzcontractionen und der Pulsform, zwischen dieser und der Temperatursteigerung.

Ich bedaure sehr, bei meiner Beobachtung nicht auch die Herzstosscurven am Thorax aufgenommen zu haben, um zu sehen, was für eine Modification die Energie des Herzens während des Fieberfrostes erfährt. Wenn ich nur Gelegenheit finde, diese Beobachtungen mit etwas grösserer Bequemlichkeit zu widerholen, so werde ich nicht unterlassen, zugleich nach der Marey'schen Contrapressionsmethode, die gewiss bei dergleichen Untersuchungen am Menschen gute Ergebnisse zu liefern verspricht, den Blutdruck zu messen.

Nicht minder wichtig für die Grundidee der vorliegenden Arbeit sind die Erscheinungen, die ich im letzten Stadium der eben beschriebenen Beobachtung wahrgenommen. Die successive Umwandlung des Pulses bei nahezu gleichbleibender Frequenz und das binnen so kurzer Zeit erfolgende Auftreten des ausgesprochensten Dicrotismus erlauben uns mit genügender Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass die Ursache dieser Erscheinungen ausschliesslich in der Aenderung des Zustandes der Gefässwände gelegen sei. Diese Deutung ist um so plausibler, als wir hier den Dicrotismus auftreten sehen, während keins von den Momenten gegeben, von welchen seine Erzeugung, den allgemein geltenden medicinischen Theorien zufolge, abhängen soll. — Aus den manometrischen Messungen ist bekannt, dass während des Hitzestadiums des Fiebers der Blutdruck abnimmt, und wir müssen nothwendig voraussetzen, dass er unter allmäliger Steigerung mit

dem Aufhören des Fiebers auf die normale Höhe zurückkomme. Daher können wir nicht mit Landois annehmen, dass in unserem Falle die Herstellung des Dicrotismus einer Herabsetzung des Blutdruckes entsprach[1], da umgekehrt, nach aller Wahrscheinlichkeit, zu Ende des Anfalles die arterielle Spannung im Steigen begriffen war.

Auch eine anderweitige Ursache, welche Landois für das Zustandekommen des Dicrotismus annimmt, nämlich die Blutverarmung, kann unmöglich auf unseren Fall Anwendung finden, da wir nicht zu irren fürchten, wenn wir behaupten, dass die Blutmenge nicht erheblich binnen einer Stunde abnehmen konnte, wenn sie nicht gar zugenommen, da Pat. gleich nach der Einnahme von Chinin ein Glas Wasser getrunken hatte.

Ohne mich auf eine ausführliche Kritik anderer über die Natur des Pulses aufgestellter Hypothesen einzulassen, sehen wir aus dieser Beobachtung, wie naturgemässer es ist, den Grund der Variationen der Pulsform während des Fiebers in den Gefässen und nicht im Herzen zu suchen. Wer keine vorgefasste Meinung hat, dem wird am einfachsten die Deutung erscheinen, dass im Froststadium, bei gesteigerter Spannung der arteriellen Gefässwände und erhöhtem Blutdrucke, jene beim Durchtritte einer Blutwelle eine grössere Anzahl von Schwingungen erfahren. Im Schweissstadium sind die Gefässe so erweitert und ihre Resistenz so vermindert, dass sie dem Zudrange der Blutwelle nachgeben, ohne gegen denselben reagiren zu können.

Endlich, in dem Maasse als die Erschlaffung der Gefässe aufhört und der ursprüngliche Tonus sich herstellt, reagiren sie immer stärker durch ihre Elasticität gegen die Welle, die sie auszudehnen strebt, und so kommt jene deutliche Schwingung ihrer Wände zu Stande, die sich als die secundäre Elevation des doppelschlägigen Pulses kundgiebt.

Wenn übrigens auch nur wenige exacte Beobachtungen genügen, eine widersprechende Theorie zu widerlegen, so wird doch kein vorsichtiger Forscher, der sich nicht auf lange Beobachtungsreihen berufen kann, Gesetze aufzustellen wagen. Daher glaube ich mich um so mehr eines Versuches in dieser Richtung enthalten zu müssen, als meine Studien über die elastischen Eigenschaften der Gefässwände noch nicht zum Abschlusse gekommen sind.

[1] *Landois*, a. a. O., S. 218.

Zweiter Theil.

Ueber den negativen Puls.

Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der sich die Bewegung der Luft in den Lungen nach einem dem Thorax ertheilten Stosse fortpflanzt.

Wie allgemein bekannt, zeigt die Brustwand beim Menschen unter physiologischen Bedingungen im fünften Intercostalraume eine mit der Systole des Herzens isochrone Hebung, die oft so bedeutend ist, dass sie aus einer bestimmten Entfernung deutlich gesehen werden kann. Schon Marey hat beobachtet, dass dieser Herzstoss im Stande ist, in den Brust- und Bauchwandungen Erschütterungen zu erzeugen, die sich in den Athmungscurven durch entsprechende Zacken äussern.[1] Doch hatte man bisher nicht mit genügender Genauigkeit den Einfluss erforscht, welchen der Herzstoss, während er an einem Punkte die Brustwand hebt, auf andere, entferntere Theile ausüben kann, indem er die in der Mund- und Nasenhöhle enthaltene Luft aspirirt.

Eine der ersten Untersuchungen, die ich bei der Vornahme dieser Arbeit anstellen musste, war die genaue Messung des Zeitraumes, welcher verstreicht zwischen dem Augenblicke, wo man der Brustwand im fünften Intercostalraume einen leichten Schlag ertheilt, und dem Augenblicke, wo in Folge dessen eine leichte Exspiration der in der Nasenhöhle enthaltenen Luft zu Stande kommt. Ich muss gestehen, es hat mich nicht wenig überrascht, zu sehen, dass inmitten der riesigen Fortschritte der physicalischen Diagnostik der Brustkrankheiten man bisher gar nicht an die practische Verwerthung der Thatsache gedacht hat, dass bei einer leichten Erschütterung des Thorax eine leichte Exspirationsbewegung der in der Lunge und Trachea enthaltenen Luft zu Stande kommen muss.

---

[1] *Marey*: Journal de l'Anatomie et de la physiologie. 1865, p. 430.

Ich glaube, dass bei Anwendung der höchst genauen chronographischen Apparate, über welche heut zu Tage die Wissenschaft verfügt, man leicht zu einer nützlichen Verwerthung jener Thatsache in der Diagnostik einiger Lungenkrankheiten gelangen könnte.

Die betreffenden chronographischen Untersuchungen habe ich an mir selbst angestellt und benutzte hierzu eine Hebeltrommel und den Marey'schen Cardiographen.[1] Nachdem ich letzteren mittelst eines elastischen Gurtes am Brustkasten befestigt hatte, fixirte ich mittelst der Stellschraube den Knopf der inneren Trommelmembran in der Weise, dass er in der Mündungsebene des äusseren Gehäuses stand und sich an den rechten 5. Intercostalraum, symmetrisch mit der Stelle des Spitzenstosses, anlehnte. Der so applicirte Cardiograph wurde sodann durch ein elastisches Rohr mit einer Hebeltrommel in Verbindung gesetzt.

Zum Registriren der vom Thorax an die Luft der Nasenhöhle übertragenen Bewegungen bediente ich mich derselben Methode, die bereits von Anderen befolgt worden ist. Ich führte in ein Nasenloch eine Glasröhre ein, welche durch einen Stöpsel von genügender Dicke durchgesteckt war, um hiermit das Nasenloch vollständig verschliessen zu können; das freie Ende der Röhre setzte ich aber durch ein Gummirohr, von gleicher Länge wie das der Cardiographen, mit einer Registrirtommel in Verbindung. — Wird der Mund geschlossen gehalten und comprimirt man mit der Hand das freie Nasenloch, während die Glottis offen bleibt, muss sich selbstverständlich jede Volumsänderung der Brusthöhle durch eine entsprechende Aenderung des Luftdruckes in den Nasenhöhlen kundgeben.

Die beiden Registrirapparate, deren einer mit dem im 5. Intercostalraum applicirten Cardiographen, der andere mit einem Nasenloche in Verbindung stand, verzeichneten auf dem berussten Papiere eines Drehcylinders, der sich mit der Geschwindigkeit von 43 Centim. in 9 Secunden bewegte, den Augenblick, wo der Stoss erzeugt wurde, und den, wo die Exspirationsbewegung zu Stande kam. Ein Diapason, das 100 Doppelschwingungen in der Minute gab und mittelst der Electricität in Bewegung gesetzt war, machte ein Deprez'sches Signal schwingen, welches auf demselben Cylinder die Hundertstel von Secunden aufschrieb.

Fig. 2 stellt einen derartigen Versuch dar.

Alle in diesem Theile unserer Arbeit aufgeführten Curven sind, wie die des ersten Theiles, von links nach rechts geschrieben. Der grösseren Genauigkeit wegen wurden sie sämmtlich auf das Holz photographirt und sodann geschnitten.

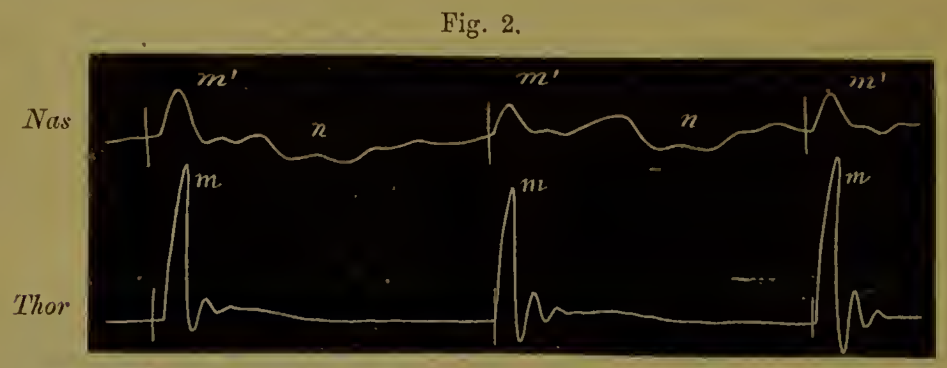
Die untere Curve *Thor* bezeichnet mit ihrer Elevation *m* den Augen-

---

[1] *Travaux du laboratoire de M. Marey.* Année 1875, p. 32.

blick, wo der Cardiograph leise mit den Fingern angeschlagen wurde. Da in diesem Augenblicke eine leichte Depression an der Brustwand und an der unterliegenden Lunge erzeugt wurde, entstand eine Exspirationswelle, die aus der Luftröhre durch den Schlund und die Nasenhöhle zum Nasenloche gelangte und hier die an der Curve *Nas* sichtbare Elevation *m'* hervorbrachte.

Fig. 2.



Graphische Darstellung der Zeit, welche verstreicht zwischen dem Augenblicke, wo der Thorax im rechten Intercostalraume leicht percutirt wird (*Thor*) und dem Augenblicke, wo am Nasenloche eine leichte Exspiration erfolgt (*Nas*).

Zur genauen Messung der Zeitintervalle zwischen dem Auftreten bestimmter Phasen in mehreren zugleich übereinander geschriebenen Curven ist es eine der unerlässlichen Bedingungen, genau an diesen Curven die isochronischen Punkte zu kennen. Zu diesem Behufe wurde zu Ende jedes Versuches der Drehcylinder im gewünschten Punkte angehalten und von jeder Schreibfeder eine verticale Linie beschreiben lassen. Ueberall also, wo zwei Curven durch je eine senkrechte Linie durchschnitten sein werden, soll dieses ein für alle Male die isochronischen Punkte der Curven bezeichnen. — In Fig. 2 hängt die Senkung *n* der oberen Curve von der Herzsystole ab, und wir werden bald die Bedeutung dieser Erscheinung kennen lernen.

Zur Vermeidung der Schwierigkeiten, welche die genaue Wiedergabe der chronographischen Bilder darbot, habe ich dieselben in den vorliegenden Holzschnitten weggelassen, und werde mich daher darauf beschränken, die Zahl der Hundertstel von Secunden in Worten oder Ziffern anzugeben. Bei diesen und anderen ähnlichen Versuchen benutzte die Exspirationswelle $^1/_{100}{}''$, um von dem 5. Intercostalraume zu dem Nasenloche zu gelangen.

Diese Verspätung von $^1/_{100}{}''$ ist viel kürzer als die von Ceradini[1] auf Grund einer ähnlichen Versuchsreihe angegebene. (Der genannte Forscher bediente sich eines Blasebalges, den er mittelst einer Kurbel in der

---

[1] *Ceradini*: *La meccanica del cuore.* Annali universali di medicina. 1870, p. 643.

Weise sich drehen liess, dass die Aufeinanderfolge der extremen Lagen des Balges annähernd dem Rythmus der Herztöne entsprach.)

Da an mir die Entfernung von dem percutirten Punkte der Brustwand zum Nasenloche etwa 50 Centim. beträgt, so würde sich danach die Geschwindigkeit von 50 Metern auf die Secunde ergeben.

Marey fand an elastischen Röhren von 4 Millim. im Durchmesser und von verschiedener Länge, dass eine der Luft in solchen Röhren mitgetheilte Erschütterung sich durch das Lumen derselben mit der Geschwindigkeit von 280 Met. in der Secunde fortpflanze.

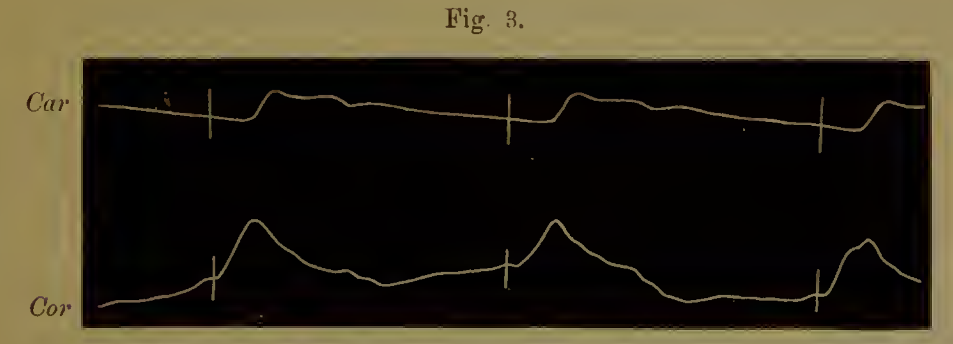
Die langsamere Fortpflanzung in meinem Falle erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass die Luftwelle in den Lungen, bei dem engen Lumen der Alveolen und Bronchien, einen viel grösseren Widerstand zu besiegen hat.

Dagegen ist der hier beobachtete Intervall viel kürzer als der, welcher zwischen dem fühlbaren Herzstosse im 5. Intercostalraume und dem Auftreten des Carotidenpulses in der Mitte des Halses verstreicht.

Bestimmung des Zeitintervalles zwischen dem Herzstosse und dem Carotispulse.

Man erräth leicht, in welcher Weise ich zu dieser zweiten Bestimmung habe schreiten müssen. Ich befestigte den Cardiographen so, dass dessen Knopf auf dem linken 5. Intercostalraume ruhte und regelmässig am Drehcylinder den Herzstoss verzeichnete. Andererseits applicirte ich auf die linke Carotis gegen die Mitte des Halses und fixirte daselbst mittelst einer

Fig. 3.



Graphische Darstellung der Verzögerung, welche der Carotidenpuls (*Car*) im Verhältnisse zum Herzstosse im 5. Intercostalraume (*Cor*) erfährt.

Cravatte eine mit einer einfachen elastischen Membran überspannte Trommel, die (wie im vorigen Versuche die Glasröhre des Nasenloches) durch ein Gummirohr mit einem Tambour régistrateur verbunden wurde; letzterer

verzeichnete wiederum die Schwingungen auf dem Drehcylinder. Fig. 3 stellt die zwei bei einem derartigen Versuche erhaltenen Curven dar. Wie man sieht, ist die Elevation des Carotispulses in der Curve *Car* geschwinder als die der Herzstosscurve (*Cor*). Indem ich den Mittelwerth aus mehreren Versuchen berechnete, fand ich, dass der horizontale Abstand zwischen beiderlei Elevationen an ihrer Basis 10 bis 11 Hundertsteln einer Secunde entspricht. Das heisst, der Carotispuls beginnt $^{10}/_{100}''$ nach dem Beginne des Herzspitzenstosses.[1] Misst man aber den horizontalen Abstand zwischen den Spitzen besagter Elevationen, so reducirt sich die Differenz durchschnittlich auf $^{8}/_{100}''$, weil die Curve des Carotispulses $^{2}/_{100}''$ weniger zur Ersteigung ihres Culminationspunktes gebraucht.

Denken wir nun, in dem Augenblicke, wo der Herzstoss am Thorax zu Stande kommt, gehe vom linken Ventrikel auch ein Blutstrom aus, welcher die Aorta und die Carotiden durchläuft, so müssen wir auf Grund dieser beiden Versuche erwarten, dass in den Nasenlöchern, in Folge der Hebung der Thoraxwand in der Herzgegend, eine leichte Inspirationsbewegung stattfinden wird, und zwar bevor die Pulswelle in der Carotis angelangt ist.

Ich will die Richtigkeit dieser Voraussetzung noch nicht gleich durch einen entsprechenden Versuch documentiren; denn das anscheinend sehr leichte Problem schliesst manche Schwierigkeit ein, auf die wir zunächst unsere Aufmerksamkeit richten müssen.

Mejocardie und Auxocardie.

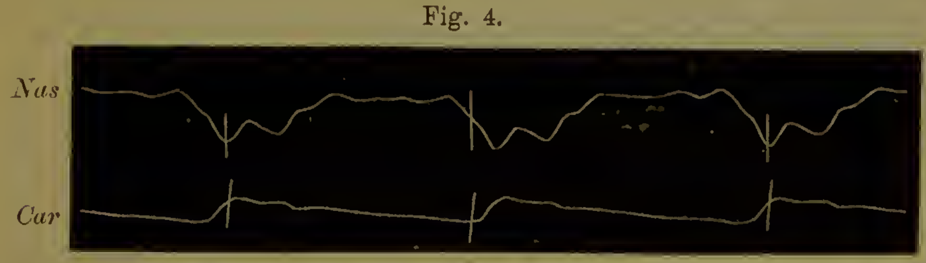
Der Herzstoss, auch wenn er fähig ist eine leichte Erhebung der Brustwand zu bewirken, ist dennoch nicht der einzige Factor der Inspirationsbewegung, die bei jeder Herzsystole am Nasenloche beobachtet wird: das Blut, welches mit grosser Geschwindigkeit aus dem Thorax austritt, hinterlässt einen leeren Raum, welcher, von innen her wirkend, die äussere Luft nach den Lungen hin aspirirt und daher eine leichte Inspirationsbewegung hervorbringen muss. Prof. Ceradini bemerkt mit Recht in einer diesbezüglichen vortrefflichen Arbeit: „das Herz muss bei der Aufeinanderfolge seiner Bewegungen einen Volumswechsel erfahren, da während der Systole mehr Blut aus dem Ventrikel ausfliesst, als gleichzeitig in den diastolisch erschlafften Vorhof einströmt; weil, mit anderen Worten, das Blut dem Herzen mit gleichmässiger und constanter Bewegung zufliesst, während es

[1] Diese Zahlen stimmen mit denen überein, welche Dr. *Bozzolo* und *Fiori* in ihrer Abhandlung „*Intorno al significato diagnostico del ritardo del polso della carotide sull' impulso del cuore*“ (Torino, 1878, S. 18) angeben.

nur periodisch ausfliesst".[1] Er benannte Mejocardie und Auxocardie die entgegengesetzten Zustände des Herzens, die dem Minimum und Maximum seines Blutinhaltes entsprechen, und fügt dann hinzu: „das Herz ist von sich aus fähig, während der Mejocardie eine kleine Inspiration und während der Auxocardie eine kleine Exspiration zu bewirken, indem es im ersteren Falle die Elasticität der Lunge (diese an sich ziehend) überwindet, im zweiten Falle aber die elastische Retraction der Lunge befördert".

Für den Augenblick will ich den Faden meiner Versuche nicht unterbrechen, um die Leistungen meiner Vorgänger auf diesem Gebiete kritisch zu verfolgen; ich behalte es mir aber vor, in einem besonderen Abschnitte, wo ich die geschichtliche Entwickelung der Frage besprechen werde, den Grund einiger abweichenden Angaben zu beleuchten. — Hier ein erster Versuch, der uns zur Annahme nöthigt, dass der Austritt des Blutes aus dem Brustkasten, der nach jeder Systole der Ventrikel stattfindet, nicht die einzige Ursache der dem Carotidenpulse entsprechenden leichten Inspiration sein kann. — Der Versuch wurde an mir selbst angestellt.

Fig. 4.



Vorgreifen der (bei offener Stimmritze) vom Herzen ausgehenden Inspirationsbewegung am Nasenloche (*Nas*) vor dem gleichzeitig geschriebenen Carotispulse (*Car*).

Die obere Curve *Nas* der Fig. 4 ist die graphische Darstellung des in oben beschriebener Weise registrirten Luftdruckes am Nasenloche; die untere *Car* die Pulscurve der rechten Carotis. Hält man sich an die Verticallinien, welche die isochronischen Punkte der beiden Curven andeuten, so sieht man, dass bereits eine leichte Inspiration begonnen hat, bevor der Puls in der Carotis aufgetreten. Dieses Vorgreifen einer leichten Inspirationsbewegung an den Nasenlöchern vor der aus dem Thorax kommenden Blutwelle ist um so bemerkenswerther, wenn wir bedenken, dass die Entfernung der Nasenlöcher vom Herzen grösser ist, als die der Carotispartie, an welcher der Sphygmograph applicirt wurde (Mitte des Halses). Die plausibelste Erklärung eines solchen Vorgreifens giebt die Annahme, dass in diesem Falle der Herzstoss durch die Hebung der Brustwand eine leichte Aspiration der Luft von den Nasenlöchern gegen die Brusthöhle bewirke.

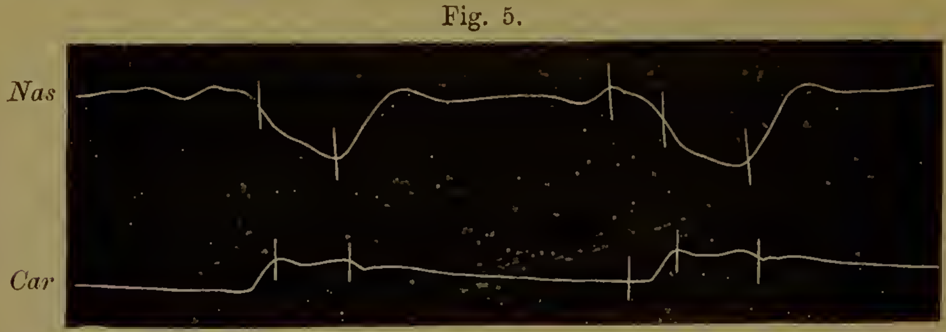
[1] A. a. O., S. 588.

Sobald das Blut durch die Aeste der Aorta aus der Brusthöhle entweicht, erfolgt ein neuer inspiratorischer Zug, weil das venöse Blut nicht mit gleicher Geschwindigkeit zuströmen kann, um den zurückbleibenden leeren Raum einzunehmen; und dieser Zug äussert sich deutlich an dem absteigenden Schenkel der Curve *Nas* durch einen rascheren Abfall. Vergleichen wir genau die beiden Curven der Fig. 4, so sehen wir in der That, dass die zweite und raschere Senkung des Luftdruckes am Nasenloche synchronisch ist mit der beginnenden Ausdehnung der Carotis, und ihren tiefsten Punkt dann erreicht, wenn die Pulswelle der Carotis an ihrem Höhepunkte angelangt ist. Der Kürze wegen wollen wir die Summe der beiden betrachteten Inspirationsbewegungen eine Herz-Inspiration (inspiratio cardiaca) nennen.

Nun ist es klar, dass in der ersten Periode der Herz-Inspiration die Curve um so tiefer sinken wird, je stärker der Herzstoss; und in der zweiten Periode, die durch den Austritt des Blutes aus dem Thorax bedingt ist, die Senkung um so tiefer ausfallen muss, je grösser die austretende Blutmenge, oder richtiger, je mehr der Ausfluss aus dem linken Ventrikel durch die Aorta den Zufluss durch die Hohlvenen gegen den rechten Vorhof überwiegt.

Es scheint mir überflüssig, hier als Beispiel die Curven aufzuführen, die ich nach Muskelübung und bei desswegen verstärktem und frequenterem Herzimpulse erhalten habe. Dagegen will ich folgenden Versuch erwähnen, bei welchem ich vollkommen ruhig war und wobei die Herzcontractionen mit viel geringerer Frequenz als bei der vorigen Beobachtung auf einander folgten.

Fig. 5.



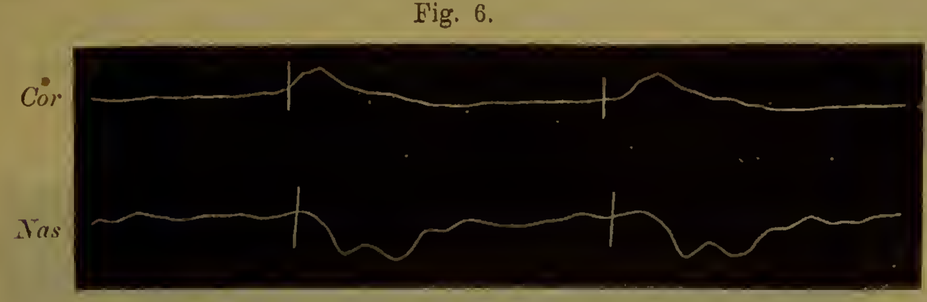
Curve des variablen Luftdruckes am Nasenloche (*Nas*), gleichzeitig geschrieben mit der Pulscurve der Carotis (*Car*), während die Frequenz der Herzschläge geringer war.

Die Curve *Nas* stellt die Variationen des Luftdruckes am Nasenloche dar; die untere Curve *Cor* den Puls der rechten Carotis etwa in der Mitte des Halses. Es bedarf wohl keiner weiteren Worte, um auf die Kürze der ersten Inspirationsperiode zu bestehen; ich werde nur sagen, dass der Herzstoss so schwach geworden war, dass ich kaum den Punkt am Thorax, wo er am deutlichsten zu fühlen, auffinden konnte. Dafür gewinnt die

zweite Periode der Herzinspiration die Oberhand und wird stärker, weil bei geringerer Frequenz die bei jeder Systole aus der Brusthöhle austretende Blutmenge grösser wird.

Zur Bestätigung der oben entwickelten Thatsachen führe ich einen anderen Versuch auf (Fig. 6), aus welchem ersichtlich, dass die Herzinspiration in dem Augenblicke beginnt, wo die Curve des Herzstosses sich ihrem Culminationspunkte nähert. Die Curve *Nas* zeigt auch hier die Schwankungen des Luftdruckes am Nasenloche bei offener Stimmritze; *Cor* ist dagegen die Curve des Herzstosses (von dem im 5. Intercostalraume applicirten Cardiographen geschrieben). Sehen wir von dem $^1/_{100}{}''$ ab, welches zur Fortleitung der Inspirationswelle bis zu den Nasenlöchern erforderlich ist, so können wir sagen, die Inspiration beginne in dem Augenblicke, wo

Fig. 6.



Curve des Herzstosses im 5. Intercostalralraume (*Cor*) und die des Luftdruckes am Nasenloche (*Nas*), gleichzeitig bei offener Stimmritze geschrieben.

der Herzstoss seinen Höhepunkt zu erreichen im Begriffe ist. Da wir aus den früheren Versuchen wissen, dass zwischen dem Anfange des Herzstosses und dem des Carotispulses etwa $^{10}/_{100}{}''$, und zwischen den Culminationspunkte der entsprechenden Curven $^8/_{100}{}''$ verstreichen, so ist die Annahme ausgeschlossen, dass in diesem Falle die Herzinspiration durch das Ausströmen des Blutes, welches erst nachträglich erfolgte, eingeleitet worden sei.

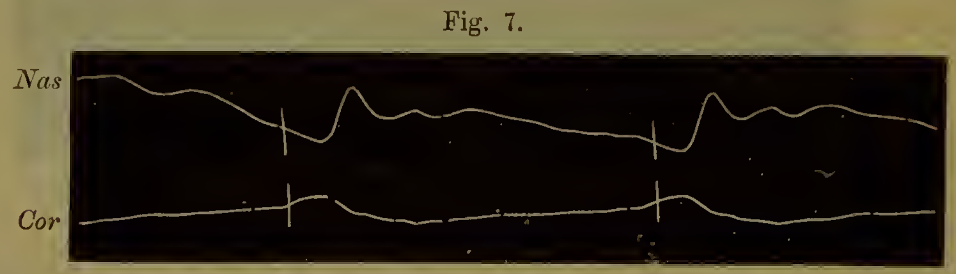
Positiver Puls der Nasenlöcher.

Alle bisher besprochenen Versuche wurden an mir selbst bei offener Glottis ausgeführt. Nun stellt man sich leicht vor, was bei geschlossener Glottis erfolgen muss. Da in diesem Falle die in den Lungen enthaltene Luft ausser aller Verbindung mit der äusseren Luft steht, so wird der mit den Nares in Verbindung gebrachte Tambour régistrateur keine der eben betrachteten Erscheinungen verzeichnen können. Da aber nach jeder Systole der Ventrikel die Arterien des Rachens, der Mund- und der Nasenhöhle durch das einströmende Blut ausgedehnt werden, so wird die in diesen Höhlen enthaltene Luft synchronisch mit dem Arterienpulse comprimirt.

Es wird daher bei geschlossener Glottis durch die Wirkung des Pulses eine leichte Exspiration zu Stande kommen, während früher, bei offener Glottis, trotz der synchronischen Erweiterung der Arterien aller in der Brusthöhle eingeschlossenen Organe, das Umgekehrte geschah.

Nun wollen wir uns durch eine andere Versuchsreihe überzeugen, ob wirklich die bei geschlossener Glottis erhaltenen Curven in vollem Antagonismus zu den früheren stehen. Auf diesem Wege werden wir ohne alle Schwierigkeit zu dem Nachweise gelangen, dass die Herzinspiration viel stärker gewesen wäre, wenn wir den Arterienpuls in der Rachen- und Nasenhöhle hätten ausschliessen können, was ich in der That leicht an mir selbst durch die flüchtige Compression der beiden A. carotides communes erreichte. Die Volumsverminderung, welche in der Brusthöhle bei dem systolischen Ausströmen des Blutes stattfindet, ist so erheblich, dass zu ihrer Compensation der gleichseitige venöse Zufluss zum rechten Vorhofe, und um so weniger die synchronische Erweiterung der Lungen und Bronchialarterien etc. genügt.

Fig. 7.



Positiver Puls der Nasenlöcher bei geschlossener Glottis (*Nas*), verglichen mit dem gleichzeitig geschriebenen Herzstosse im 5. Intercostalraume (*Cor*).

In Fig. 7 stellt die obere Curve die Variationen des Luftdruckes im Nasenloche bei geschlossener Glottis vor; die untere den Herzstoss. Der Versuch wurde unmittelbar nach dem vorhergehenden, ohne die Registrirapparate auch nur einen Augenblick zu entfernen oder zu verschieben, angestellt. Ich brauche nur eine ganz leichte Exspirationsanstrengung zu machen, um augenblicklich alle Communicationen des Rachens mit den Lungen zu unterbrechen. Die Druckcurve der Nasenlöcher, die sich vorher bei jeder Systole senkte, dreht sich sofort um und zeigt eine Erhebung, wo früher eine Senkung erfolgte.

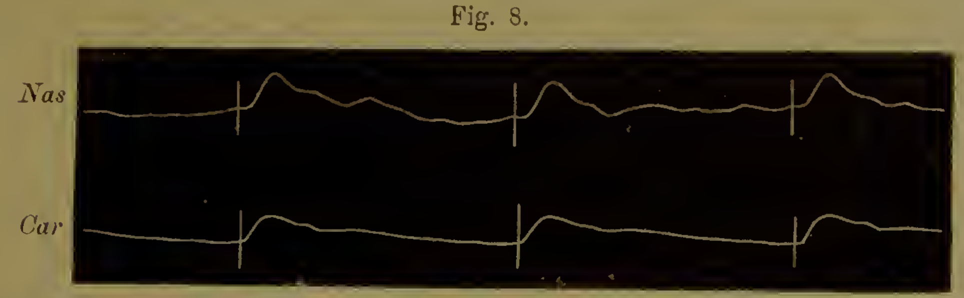
Der Kürze wegen wollen wir nach Analogie der von Marey eingeführten Nomenclatur die früheren Curven negativ, die letzteren positiv nennen; ebenso den Puls im ersteren Falle negativ, im zweiten positiv.[1]

[1] Marey drückt sich hierüber in seiner „*Physiologie médicale de la circulation du sang*“ (Paris, 1863, p. 123) folgenderweise aus: „Les ventricules diminuent de volume d'une manière absolue pendant leur systole, à mesure que leur contenu est expulsé

Die Curven, die man bei geschlossener Stimmritze an den Nasenlöchern erhält, gleichen so sehr den Pulscurven der Arterien, dass es überflüssig erscheinen mag, sich weiter bei der Erläuterung dieser Analogie aufzuhalten. Es handelt sich hier um eine ganz analoge Erscheinung wie bei der Hydrosphygmographie des Vorderarmpulses, mit der wir uns im vorigen Capitel beschäftigt haben. Die Wandungen der Rachen- und Nasenhöhle sind so resistent, dass sie einen geschlossenen Raum darstellen, ähnlich dem grossen Glascylinder des Hydrosphygmographen, dessen Mündung, nach Einführung des Vorderarmes, mittelst eines Gummiärmels in der Höhe des Ellbogens verschlossen wird. Die Pulsationen der in und unter den Wandungen jener Körperhöhlen verlaufenden Arterien theilen sich frei der Luft mit, die mit dem Tambour régistrateur in Verbindung steht, und so erhält man ein sphygmographisches Bild, das vollkommen der Pulscurve des Vorderarmes gleichkommt.

Der positive Puls erscheint in den Nasenlöchern etwa $^{11}/_{100}''$ nach dem ersten Auftreten des Herzstosses im 5. Intercostalraume. Die Verzögerung wäre um $^{1}/_{100}''$ länger als der Intervall den wir zwischen dem Beginne des Herzstosses und dem Auftreten der Pulswelle in der Carotis (in der Mitte des Halses) gemessen haben.

Fig. 8.



Positiver Puls an den Nasenlöchern bei geschlossener Stimmritze (*Nas*), mit dem gleichzeitig geschriebenen Carotispulse (*Car*) verglichen.

Stellen wir nun den Controllversuch an und schreiben wir gleichzeitig den Puls der Nasenlöcher bei geschlossener Stimmritze und den Corotidenpuls, wie es Fig. 8 darstellt, so sehen wir in der That, dass der positive Puls des Nasenloches um etwa $^{1}/_{100}''$ später erscheint als der Carotispuls in der Mitte des Halses.

---

dans les artères. C'est à ce dernier effet que tient le phénomène de la pulsation négative. Au moment, où le coeur diminue de volume il produit autour de lui une aspiration véritable; toutes les parties qui l'environnent viennent occuper la place que ses parois abandonnent. Ainsi le poumon se dilate, le diaphragme s'élève, les espaces intercostaux s'enfoncent, chacune de ces parties obéissant à cette aspiration dans la limite de la mobilité qu'elle possède.“

Die Bedeutung dieser Ergebnisse ist zu evident, als dass weitere Data nöthig erscheinen, um die Richtigkeit unserer Demonstration darzuthun. Durch Ablesen der mittelst des Diapason unter jeder Curve geschriebenen Hundertstel von Secunden fand ich, dass bei starkem Herzstosse der negative Puls des Nasenloches um etwa $^{8}/_{100}''$ früher auftritt als der Carotispuls, während der positive Puls desselben Nasenloches um $^{1}/_{100}''$ später als der Carotispuls zu Stande kommt.

Wie einleuchtend und keiner Einwendung zugängig diese Thatsachen erscheinen mögen, bei deren Feststellung das a priori Vorausgesehene durch exacte Messungen völlig bestätigt werde, so sind sie dennoch bis in die letzte Zeit hinein Gegenstand der Controverse zwischen vielen Physiologen gewesen. Nun will ich, wie es mir Pflicht scheint, die geschichtliche Entwickelung der Frage skizziren.

Geschichtliches.

In einer kleinen Schrift, welche Voit im Jahre 1865 über die Druck-Schwankungen im Lungenraum in Folge der Herzbewegungen[1] veröffentlichte, wird zum ersten Male einer Erscheinung erwähnt, die mit Recht als Ausgangspunkt der hier zu besprechenden Forschungen betrachtet werden muss. Während Voit in Verein mit dem Studirenden Lossen Versuche über die Kohlen-Ausscheidung anstellte, bemerkte er, als er bei geschlossenen Nasenlöchern durch zwei Müller'sche Ventile hindurch athmete, an den Flüssigkeitssäulen gewisse Bewegungen, die den Herzcontractionen entsprachen. Die Wassersäule bei dem Ventile für die Exspirationen hob sich bei jeder Systole des Herzens. Diese leichte Inspiration wurde auf die Volumsverminderung des ganzen Herzens bei der Systole der Ventrikel bezogen. Voit beschränkte sich auf die Aeusserung, dass nach den Schwankungen des Wasserspiegels der Flüssigkeitssäulen annähernd auch die Volumschwankungen des in Thätigkeit begriffenen Herzens berechnet werden könnten, und die flüchtige Erwähnung der Erscheinung blieb in den Annalen der Physiologie so gut wie unbemerkt.

Zwei Jahre später, 1867, behandelte A. Terné van der Heul unter der Leitung des Prof. Donders diesen Gegenstand schon ausführlicher[2].

---

[1] Zeitschrift für Biologie. I. Bd. 1865, S: 390.

[2] *A. Terné van der Heul: De invloed der respiratie-phasen op den duur der harts-perioden.* Nederlandsch archief voor genees- en natuurkunde uitgegeven door Donders en W. Koster. Utrecht 1867, S. 137. — In dieser Arbeit werden zum ersten Male die gleichzeitig mit der zeitmessenden Curve geschriebenen Curven des Herzstosses, des Carotidenpulses und des Luftdruckes der Nasenlöcher unter einander verglichen.

Seine chronographischen Untersuchungen sind mit Genauigkeit angestellt; aber die gewonnenen Resultate widersprechen leider vollkommen den vorangeschickten theoretischen Betrachtungen, so dass Verfasser offen gesteht, er habe die Voraussetzung, von der er ausgegangen, nicht bestätigen können. Woher nun dieser Widerspruch zwischen der theoretischen Betrachtung und den Erfahrungen? Daher, dass bei ersterer Verfasser die Glottis als offen voraussetzte, während er beim Versuche dieselbe geschlossen hielt.

Diese Unterscheidung scheint dem Prof. Ceradini in seiner werthvollen Arbeit „Intorno alla meccanica del cuore," wo er die Abhandlung des Dr. Terné van der Heul kritisch bespricht, entgangen zu sein. Bei wiederholten Versuchen habe ich mich überzeugt, dass einigen Personen die Gewohnheit abgeht, ohne zu athmen, die Glottis offen zu halten. Dr. Pagliani, mein Bruder und meine Schwester haben es, trotz mehrfacher Versuche, nie dazu bringen können, eine negative Curve zu liefern. Andere hingegen vermochten vom ersten Versuche an die Glottis offen zu halten. So z. B. die Herren Studirenden Robutti, Garzena und Roth, welche nach Belieben die Stimmritze schliessen oder öffnen konnten, sobald ich sie aufforderte eine leichte Exspirationsanstrengung zu machen oder den Thorax unbeweglich in der Inspirationsstellung zu erhalten. Das Registriren des Pulses in der Apnoe wurde hierdurch so sehr erleichtert, dass ich öfters, bei einer Versuchsreihe über Amylnitrit, zu der Beobachtung des negativen Pulses der Nasenlöcher griff, um direct die Variationen der Herzthätigkeit zu ermitteln.

Ceradini, 1869[1], erhielt an sich selbst bei Anwendung des Hämathoracometers (eines Registrir-Apparates, der mit dem von uns zu gleichen Zwecken gebrauchten identisch ist) gleiche Curven wie für den Arterienpuls. Er sagt nämlich: „Eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der hämathoracometrischen Curven ist ihre Aehnlichkeit mit den sphygmographischen. Die Aehnlichkeit ist zuweilen so gross, dass eine derartige (hämothoracometrische) Curve, die mit gleichem Hebelarme und bei gewöhnlicher Inspirationsstellung des Thorax geschrieben worden, ganz und gar mit einer Curve des Arterienpulses verwechselt werden kann, wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Cylinders gleich war der Geschwindigkeit, mit der sich das Täfelchen des Sphygmographen fortbewegte."

Es ist wahrhaft zu bedauern, dass Prof. Ceradini die Curven, von denen er ausführlich in seiner Arbeit spricht, nicht veröffentlicht hat. Wahrscheinlich hat er die Abweichung zwischen den unter verschiedenen Bedingungen gewonnenen Curven erkannt, da er zuletzt bemerkt, die ver-

[1] *Ceradini: Mejokardie und Auxokardie.* Vortrag in der Sitzug des naturhistorisch-medicinischen Vereins in Heidelberg vom 26. November 1869.

gleichende Analyse der hämothoracometrischen In- und Exspirationscurven werde den Gegenstand des zweiten Capitels seiner Arbeit bilden. Doch sind leider schon 8 Jahre verflossen, ohne dass das zweite Capitel der interessanten Abhandlung erschienen sei.

P. Bert[1] bespricht ebenfalls diese Erscheinung in seinen Vorlesungen über die vergleichende Physiologie der Respiration, wo er eine an der Trachea eines Hundes gewonnene Curve der Herzbewegungen giebt.

Prof. Landois[2] veröffentlichte 1876 einige am Menschen erhaltenen Curven, wozu er sich seines Cardiopneumographen, eines dem Ceradini'schen Hämathoracometer ganz analogen Instrumentes, bedient hatte. Seine Arbeit ist sehr werthvoll in ihrem critischen Theile, lässt aber in dem experimentellen Theile so manches zu wünschen übrig, namentlich was die Genauigkeit anbetrifft, welche die graphische Methode bei derartigen Untersuchungen zulässt. Hier wird zum ersten Male der Einfluss in Betracht gezogen, den der Herzstoss auf den Luftdruck in den Nasenlöchern ausübt, indem er in dem Augenblicke, wo er eine Dilatation des Thorax hervorbringt, eine rasche Inspiration erzeugt. Auch spricht Landois von der Verschiedenheit, welche die Curven darbieten, je nachdem die Stimmritze geschlossen oder offen war.[3]

---

[1] *P. Bert*: *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration.* Paris, 1870, p. 338.

[2] *L. Landois*: *Graphische Untersuchungen über den Herzschlag.* Berlin, 1876.

[3] Ich sehe mit Bedauern, dass in zwei neulichst über diesen Gegenstand erschienenen Arbeiten die eben angeführten Beobachtungen von *Voit*, *Terné van der Heul*, *Ceradini*, *P. Bert* und *Landois* gar nicht erwähnt werden. Diese Lücke ist um so beklagenswerther, als Dr. *Regnard* in den Arbeiten seiner Vorgänger, besonders in den vor 8 Jahren erschienenen Abhandlungen des Prof. *Ceradini*, eine strenge Kritik und Widerlegung seiner eigenen Versuche gefunden hätte, was ihm die Mühe erspart haben würde, einen grossen Theil seines Mémoire „*De l'influence des battements du coeur sur le poumon*" (Revue mensuelle de médicine et de chirurgie No. 5, 1877, p. 333) zu schreiben.

Um die Lücke auszufüllen, hielt es Prof. *Lépine* für nöthig, eine Anmerkung zur Abhandlung des Herrn *Regnard* zu machen und sie in demselben Hefte auf S. 394 erscheinen zu lassen. Er hebt darin die Versuche des Prof. *Ceradini* über Mejo- und Auxocardie hervor und citirt einige der Arbeiten, welche Herr *Regnard* hätte zu Rathe ziehen sollen, darunter auch die von *Landois*. Doch war die Kritik des Prof. *Lépine* eine vergebliche Arbeit; denn ich sah vor einigen Tagen mit nicht geringer Ueberraschung, dass mein Freund Dr. *Franck* den Gegenstand wieder *ab ovo* behandelt hat in seinem Aufsatze „*Sur les changements du volume du coeur*" (Travaux du laboratoire de M. Marey, année 1877, p. 233), ohne irgend eines seiner Vorgänger zu erwähnen oder etwas Neues hinzuzufügen.

Negativer Abdominalpuls.

Wenn man am Menschen die regio epigastria beobachtet, so bemerkt man sehr häufig eine mit den Herzbewegungen synchronische Pulsation, über welche von den Klinikern die widersprechendsten Ansichten geäussert worden sind.

Da ich glaube, dass die Erscheinung bisher nicht mit genügender Genauigkeit analysirt worden, lasse ich alle einleitende Discussionen bei Seite und will sofort einige meiner diesbezüglichen sphygmographischen Beobachtungen aufführen.

Um die höchst oberflächlichen Bewegungen der Bauchwand graphisch darstellen zu können, bestrich ich das Aluminium-Plättchen der Buisson'schen Trommel mit einer klebrigen Substanz, wie Terpentin oder Leim, und applicirte sodann die Trommel in der linea alba in der Höhe des Nabels oder seitlich in den Hypochondrien. Wenn alles zum Registriren des Abdominalpulses bereit war, forderte ich die Versuchsperson auf, den Athem anzuhalten, und gleichzeitig machte ich die Trommel unbeweglich, indem ich sie mittelst einer Pincette oder einer speciell dazu bestimmten Vorrichtung fixirte. Das der Haut anklebende Aluminium-Plättchen der elastischen Membran theilte der Registrirtrommel die geringsten Schwingungen der Bauchwand mit. Zum Vergleiche schrieb ich daneben die Curve des Herzstosses oder des Carotispulses.

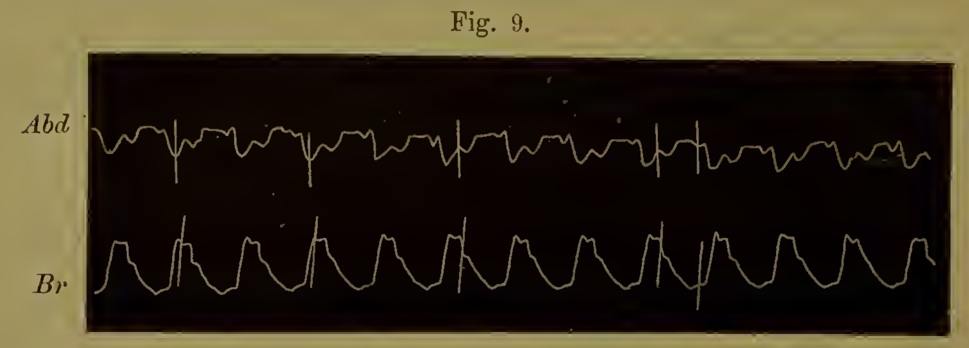
Dr. Albertotti jun. ist ein junger Mann von 26 Jahren, von kräftigem Körperbaue, obgleich etwas mager. Wenn er vollkommen ruhig auf dem Rücken liegt, finde ich am Thorax keinen Punkt, wo der Herzstoss im Stande ist, den Cardiographen oder irgend welchen Registrir-Apparat in Bewegung zu setzen. Dieser Uebelstand brachte mich um so mehr in Verlegenheit, als im Epigastrium und bis unter den Nabel bei jeder Pulsation der Carotis eine deutliche Senkung der Bauchwandungen zu bemerken war.

Da ich daher in diesem Falle den Herzstoss nicht registriren konnte und auch die Carotiscurve nicht befriedigend ausfiel, so wählte ich zum Vergleiche den Vorderarmpuls, den ich mit Hülfe meines Hydrosphygmographen aufnahm. In der hier folgenden Fig. 9 stellt *Abd* die Curve des Abdominalpulses und *Br* die gleichzeitig hiermit geschriebene Pulscurve des Vorderarms dar. Bei der Aufnahme dieser Curven befand sich Dr. Albertotti in horizontaler Rückenlage und hielt den Athem an.

Beim Vergleiche beider Curven finden wir eine grosse Aehnlichkeit, nur mit dem Unterschiede, dass der Abdominalpuls das umgekehrte Bild des Vorderarmpulses darstellt. Ich beabsichtige in einer anderen Arbeit demnächst genauer

die Variationen ins Auge zu fassen, welche der Puls darbietet, wenn man ihn gleichzeitig in verschiedenen Körpergegenden, wie am Arme, an den Carotiden, am Thorax, am Abdomen und an den unteren Extremitäten beobachtet; für die Analyse der uns hier beschäftigenden Erscheinung genügt es, über andere Einzelheiten hinweggehend, das festzuhalten, dass die Abdominalcurve wirklich das negative Bild der Pulscurve des Vorderarmes darstellt. In Bezug auf das zeitliche Verhältniss zwischen den entsprechenden Phasen beider Curven, bemerkt man eine leichte Praecedenz des Abdominalpulses vor dem Vorderarmpulse, obgleich das elastische Rohr, welches

Fig. 9.



Curve des Abdominalpulses (*Abd*) und die gleichzeitig entworfeue Pulscurve des Vorderarmes *Br*.

die beiden Trommeln des am Abdomen applicirten Apparates verband, um 25 Centim. länger war als das Rohr des Hydrosphygmographen. Genauere chronographische Messungen, die ich an anderen Subjecten angestellt, haben mir den Beweis geliefert, dass die Senkung der Bauchwand nicht von der systolischen Hebung der Brustwand (resp. der Rippen) herrühre, da sie erst zu Stande kommt, wenn die Blutwelle den Brustkasten verlässt.

Gerade um eine gegentheilige Vermuthung auszuschliessen, habe ich den an Dr. Albertotti angestellten Versuch gewählt, weil bei ihm, wie schon bemerkt, weder durch die Inspection, noch durch die Palpation, noch mit Hülfe der geeigneten Instrumente der Herzstoss an der Oberfläche des Thorax wahrgenommen werden konnte.

Leberpuls.

Es ist nicht meine Absicht, die practische Lösung dieses höchst schwierigen pathologischen Thema in Angriff zu nehmen, da mir die einschlägigen klinischen Data durchaus fehlen und ich nicht bald in der Lage zu sein glaube, Studien in dieser Richtung anzustellen. Die Widersprüche, in welche ausgezeichnete Beobachter in der Deutung des Leberpulses gerathen sind, flössen mir jedoch den Muth ein, meine eigene Meinung auszusprechen, ohne zu fürchten, dass ich etwa hiermit, bei der Ungewissheit,

die in allen diesbezüglichen Schriften herrscht, neue Confusion stiften sollte. Die genaue Analyse der möglichen Ursachen des venösen Pulses wird keine Schwierigkeit darbieten, sobald die Kliniker die enormen Vortheile werden verwerthen wollen, welche die graphische Methode bei derartigen Forschungen gewährt; bis zum heutigen Tage aber ist das angesammelte Material noch nicht der Art, dass man nach ihm den Mechanismus der in Rede stehenden Erscheinung construiren und feststellen könnte. Ich will daher mich weder bei der Kritik noch bei dem pathognostischen Werth des venösen Leberpulses aufhalten; es genügt mir vor der Hand die Vermuthung auszusprechen, dass mitunter der negative Abdominalpuls als venöser Leberpuls beschrieben worden ist. Der Verdacht gewinnt um so mehr Boden, wenn man die ungewöhnliche Form berücksichtigt, welche von den tüchtigsten Klinikern dem venösen Leberpulse zugeschrieben wird.

Folgendermaassen äusserte sich darüber unser leider so früh der Wissenschaft entrissener Freund Prof. Rovida in seiner gelehrten Monographie über den Venenpuls[1], wo er einige mit Hülfe des Marey'schen Sphygmographen (in der vorderen rechten Axillarlinie, über der 10. Rippe) gewonnene Curven mittheilt: „Man sieht am Anfange des aufsteigenden Theils einen constanten Dicrotismus, welcher meistens vielmehr durch ein langsameres Steigen oder eine kurze Horizontallinie als durch eine wirkliche Absteigung sich kund giebt, genau nach dem von Friedreich gefundenen Typus. Manchmal ist dieser aufsteigende Dicrotismus verdoppelt, und stellt das schon erwähnte von Skoda beobachtete Phaenomen dar, dass zwei oder mehrere Vorkammerzusammenziehungen einer einzigen Kammersystole entsprechen können."

Alle Schwierigkeit in der Deutung dieser sphygmographischen Bilder verschwinden, wenn wir uns diese umgekehrt denken.

Der von den vermeintlichen mehrfachen Contractionen der Vorkammern, die einer einzigen Kammersystole entsprechen sollen, abgeleitete Anadicrotismus — der unbegreifliche Gegensatz zwischen einer langsam zu Stande kommenden Systole und einer plötzlichen Diastole — kurz all das Sonderbare, ich möchte beinahe sagen Unmögliche, das diese Curven an sich haben, wird logisch und natürlich, sobald man sie umkehrt und von einem anderen Standpunkte aus betrachtet.

Ist aber wirklich der aus dem Thorax bei jeder Systole austretende Blutstrom im Stande eine genügend starke Aspiration zu erzeugen, um das Zwerchfell zu heben und selbst die Bauchwandungen nachzuziehen? Die

[1] *C. M. Rovida: Del polso delle vene.* Rivista clinica di Bologna, 1871, p. 188. — *Der Venenpuls.* Moleschott's Untersuchungen, 1871, S. 43.

Antwort kann nur eine bejahende sein, wenn wir die enorme Kraft bedenken, die das Herz bei seiner Contraction entfaltet, sowie die Gewalt, mit der der Puls in den entferntesten Arterien des Körpers anlangt.

Der negative Puls des Brustkastens.

Die Druckverminderung in der Brusthöhle beim Austritte eines systolisch beschleunigten Blutstromes ist so plötzlich, dass zur Ausfüllung des entstehenden leeren Raumes der Luftzudrang aus der Trachea, der Zufluss venösen Blutes und die Hebung des Zwerchfelles nicht genügen, weshalb die Brusthöhle zusammensinkt und eine mit dem Carotidenpulse synchronische Einziehung der Rippen zu Stande kommt.

Dieses mit dem Carotispulse synchronische Zusammensinken des Brustkastens, das ich der Kürze wegen den negativen Puls desselben nenne, wird sehr häufig bei mageren Subjecten auch im linken 5. Intercostalraume wahrgenommen. Schon Hamernjk hatte hervorgehoben, dass diese Senkung nicht von der durch den Herzstoss an einem anderen Punkte des Thorax erzeugten Hebung der Rippen herrühren kann, da dieselbe Erscheinung auch dann fortbesteht, wenn der Herzstoss sehr schwach und für die Palpation fast unfühlbar ist. Der Kürze halber enthalte ich mich nicht nur der Kritik, sondern auch der Erwähnung der früher zur Erklärung des negativen Thoraxpulses ausgesprochenen Meinungen und verweise auf die klassischen Werke von Hamernjk, Skoda, Oppolzer, Bamberger, Friedreich u. s. w.

Hier will ich nur bemerken, dass der Mechanismus dieser Einziehungen bisher den Physiologen und Klinikern entgangen war.

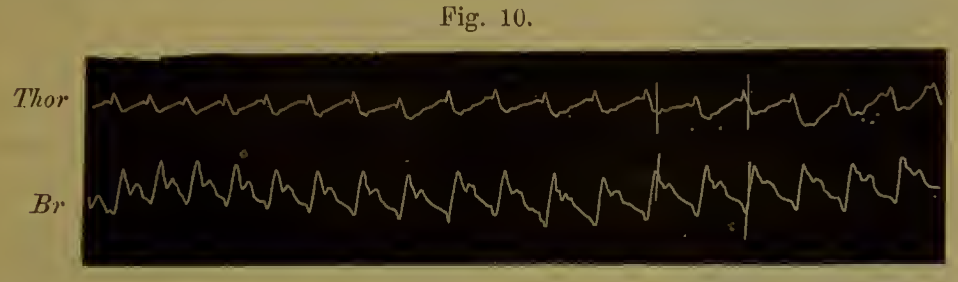
Indem ich sie unter dem Namen eines negativen Thoraxpulses zu der Gruppe der oben beschriebenen Erscheinungen stelle und dabei zeige, dass sie auch im physiologischen Zustande, bei Personen, die nie an Brustkrankheiten gelitten, vorkommen, hoffe ich, dass die Kliniker, welche diese mit der Systole synchronischen Einziehungen als pathognostisches Symptom der Insufficienz der Aortenklappen und der Verwachsungen des Herzens mit dem Herzbeutel ansehen, ihre Betrachtungen einer strengeren Kritik unterwerfen werden.

Obgleich der negative Thoraxpuls am deutlichsten in der Nähe des Herzens beobachtet wird, so wird er doch bei einigen Personen auch auf der rechten Seite und im oberen Theile des Brustkastens nicht vermisst, und nicht selten habe ich ihn im linken 5. Intercostalraume, wo gewöhnlich der Spitzenstoss wahrgenommen wird, beobachtet.

Hier ein Beispiel eines solchen negativen Pulses, den ich an Herrn Stud. med. Rattone im linken 5. Intercostalraume, zwischen der Mamillar-

linie und dem Sternalrande, mittelst des Marey'schen Cardiographen aufgenommen habe. Damit die Herzcurve nicht durch die Respirationsbewegungen modificirt würde, hielt Herr R. während des Versuches den Athem an. Die Modificationen der Pulsfrequenz und -Höhe, die in der folgenden Figur bemerkbar sind, sind auf dieses Anhalten des Athems zu beziehen.

Fig. 10.



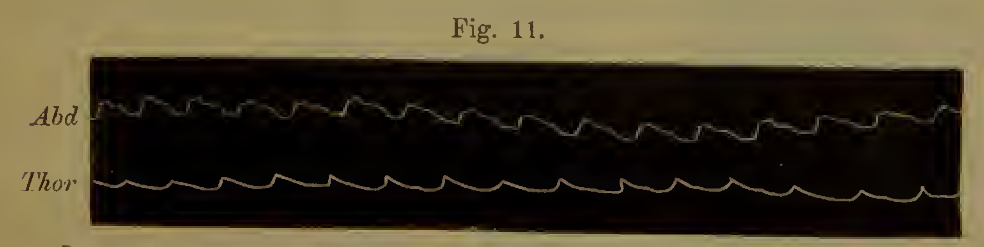
Negative Pulscurve des Brustkastens *Thor* und die gleichzeitig geschriebene Pulscurve des Vorderarmes *Br*.

Zum Vergleiche schrieb ich zugleich den Puls des Vorderarmes mittelst des Hydrosphygmographen. Es ist leicht begreiflich, dass der negative Puls des Brustkastens um etwas dem Vorderarmpulse vorangehen muss. Der mit grosser Kraft aus dem Thorax austretende Blutstrom erzeugt eine Einziehung der Brustwand, bevor noch das Blut zum Vorderarme gelangt ist und dort eine durch die Volumsschwankung bedingte Pulsation hervorgebracht hat.

Seiner Form nach ist der negative Thoraxpuls dem der Nasenlöcher analog, und ich werde später zeigen, dass er auch mit dem negativen Jugularpulse identisch ist, was einen anderweitigen Beweis für den gemeinschaftlichen Ursprung aller dieser Erscheinungen liefert.

Die negativen Pulsationen der Bauch- und Brustwand sind öfters so stark, dass sie mittelst weniger empfindlicher Instrumente registrirt werden können, wie es folgender Versuch darthut.

Fig. 11.



Der negative Puls des Abdomens *Abd* und des Brustkastens *Thor*, gleichzeitig geschrieben.

D. Albertotti jun. liegt auf dem Rücken. In der Linea alba und etwas unter dem Nabel applicire ich den kürzeren Hebelarm des Vierordt'schen Sphygmographen; am Sternum, in der Höhe der Brustwarzen, den Marey'schen Pneumographen. — *Thor* ist die gleichzeitig mit der

abdominalen *Abd* geschriebene Curve des Thoraxpulses. Beide sind negativ, obgleich sie den Anschein positiver Curven haben, weil sie mit Apparaten geschrieben sind, welche die Bewegungen umkehren: denn sowohl der Marey'sche Pneumograph als der Vierordt'sche Sphygmograph schreiben eine ansteigende Linie, wenn der Applicationspunkt sinkt, und umgekehrt.

Der negative Puls der Jugularvenen.

Was ich oben von der Natur des negativen Pulses gesagt, enthebt mich der nunmehr überflüssigen wiederholten Beschreibung eines Mechanismus, der viel zu klar ist, als dass man bei jedem neuen Abschnitte auf denselben zurückkommen sollte. Dieselbe Kraft, welche die Verdünnung der Luft in den Nasenhöhlen, die Hebung des Zwerchfelles und die Senkung der Bauch- und Brustwand zu bewirken im Stande ist, muss auch das Blut aus den zur Brusthöhle laufenden Venen ansaugen. So wird die Nothwendigkeit einleuchtend, dass in den Jugularvenen jedesmal ein negativer Puls entstehe, wenn bei dem kräftigen Ausströmen des Blutes aus der Brusthöhle ein negativer Druck in derselben entsteht. Auf eine Kritik der von den Physiologen und Klinikern zur Erklärung des Jugularpulses aufgestellten zahlreichen Hypothesen will ich mich nicht einlassen. Ich will nur zeigen, dass im physiologischen Zustande ein negativer Puls in den Jugularvenen vorhanden sein muss und wirklich vorhanden ist. Wem das Gebiet der klinischen Beobachtungen angängiger ist, wird Gelegenheit finden, diesen Grundsatz practisch zu verwerthen und an der Hand geeigneter Versuche die bisher etwa bei dem Studium der krankhaften Erscheinungen gezogenen fehlerhaften Schlüsse wegzuräumen.

Der negative Jugularvenenpuls wird oft genug an vollkommen gesunden Personen beobachtet, und ich könnte aus der Sammlung meiner Sphygmogramme nicht wenige Beispiele anführen, wo es mir gelungen ist, bei Individuen beiden Geschlechtes diese Pulsart zu registriren.

Ich beginne mit den Versuchen, die ich an meiner Schwester, einem 24jährigen Mädchen, das bisher an keinen Krankheiten gelitten, angestellt habe.

Um die Application der Trommel mit elastischer Membran an der rechten V. jugularis externa, woselbst der negative Puls sichtbarer ist, zu erleichtern, wurden die folgenden Beobachtungen in horizontaler Rückenlage, bei leicht erhöhtem Kopfe angestellt. Mittelst eines articulirten Statives konnte eine Pulstrommel in Berührung mit der Haut gebracht und der Druck der Trommel auf die Jugularvene (im unteren Theile des Halses) beliebig regulirt werden. Der an der Stelle des deutlichsten Herzstosses

applicirte Marey'sche Cardiograph diente zur Registrirung der Herz- und zugleich auch der Respirationsbewegungen. In der Curve *Thor* (Fig. 12) wird die Inspiration durch ein Ansteigen, die Exspiration durch ein Absteigen ausgedrückt.

Vergleicht man in dieser Figur die Pulscurve des Brustkastens *Thor* mit der der Jugularvene, so bemerkt man, dass letztere eine rasche und leichte Hebung zeigt, welche mit der Kammersystole zusammenfällt, und auf welche unmittelbar eine tiefe Depression, eben der negative Jugularvenenpuls, folgt. Ich werde später genauere Messungen anstellen, sobald wir den Cylinder in geschwindere Rotation versetzt haben werden. Inzwischen haben wir zu bemerken, dass die Curve mit jäher Bewegung ihren tiefsten Punkt erreicht, um später langsam, mit zwei leichten Sinuositäten, auf die ursprüngliche Höhe zurückzukommen. Die Aenderungen, welche die auf einander folgenden Pulsationen der Vene in Folge der Athembewegungen erleiden, entsprechen genau Dem, was a priori erwartet werden konnte.

Wenn die Kammer-Systole mit dem Beginne einer Inspiration zusammenfällt, so wird die Initialelevation der negativen Pulswelle der Jugularis weniger hoch und die darauf folgende Senkung tiefer; während sodann die Inspiration fortdauert, kann die Vene nicht mehr wie bis dahin anschwellen, weil der negative Druck das Blut aus ihr ansaugt; und das Endstück der Welle, das vorher nach oben gerichtet war, läuft jetzt fast parallel der Abscissenlinie. In der zweiten Pulsation sinkt, bei Fortdauer des inspiratorischen negativen Druckes, die Wellenlinie noch tiefer herunter. — Wenn nun eine Exspiration erfolgt, fliesst das Blut schwerer gegen den Thorax ab, erweitert die Halsvene, und die Curve steigt rasch auf den ursprünglichen Stand zurück.



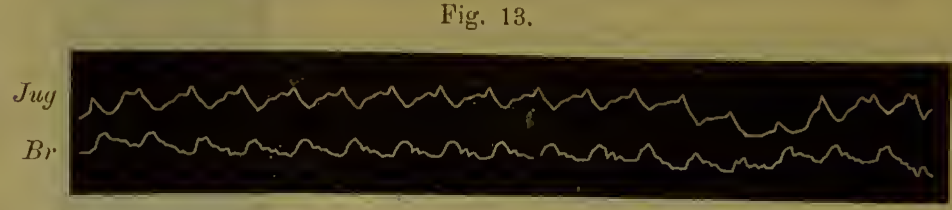
Fig. 12.

Negativer Puls der rechten Vena jugularis externa *Jug*, gleichzeitig mit der Curve des positiven Thoraxpulses *Thor*, an der auch die Respirationsschwankungen sichtbar sind, geschrieben.

Im letzten Theile der Curven war der Athem angehalten worden, während eben eine Exspiration beginnen sollte. Die Oscillationen bleiben einen Augenblick klein, werden aber sodann immer grösser, als ob nach und nach sich eine langsame Exspiration herstellte und die Entleerung der Vene behinderte.

In einer Reihe von Versuchen habe ich den negativen Puls der Jugularvene mit dem Vorderarmpulse verglichen. Zur Aufnahme des letzteren bediente ich mich des Hydrosphygmographen und wählte den rechten Vorderarm.

Fig. 13.



Negativer Puls der rechten Jugularvene *Jug*, gleichzeitig mit dem hydrosphygmographisch aufgenommenen Pulse des rechten Vorderarmes *Br* geschrieben.

Aus den Curven der Fig. 13, bei deren Schreiben die Federspitzen genau übereinander standen, ist ersichtlich, dass der Jugularvenenpuls etwas früher erscheint als der Puls des Vorderarmes.

Vergleich zwischen dem negativen Jugularvenenpulse und dem negativen Pulse des Brustkastens.

Dass die von mir entwickelte Lehre über die Natur des negativen Pulses wirklich den Thatsachen entspreche, wird nicht minder überzeugend durch die Aehnlichkeit, ich möchte fast sagen die Identität, der an verschiedenen Körperstellen erhaltenen negativen Pulscurven dargethan.

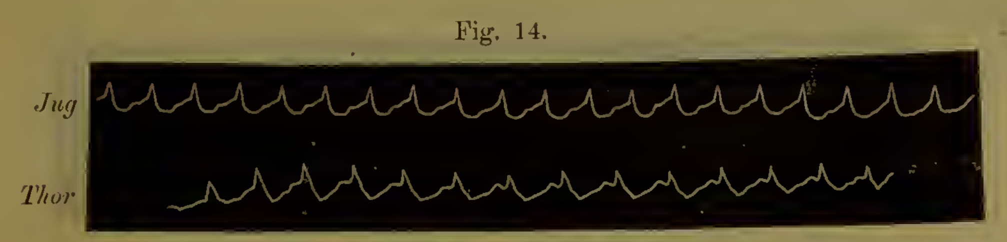
Denkt man an den Mechanismus, welchem der negative Puls seine Entstehung verdankt und an die mehr oder weniger erheblichen Hindernisse, die sich seiner Fortpflanzung entgegensetzen, wenn er in den Nasenlöchern, an der Brustwand, an den Jugularvenen und an der Bauchwand aufzutreten hat, so erscheint jene Aehnlichkeit keineswegs nothwendig; wenn sie aber dennoch factisch besteht, so liefert sie einen unumstösslichen Beweis für den identischen Ursprung der Erscheinung.

Unter den vielen Beispielen, die ich in dieser Hinsicht anführen könnte, wähle ich folgende an Herrn Robutti angestellte Beobachtung. Wir haben hier (Fig. 14) eine im linken 5. Intercostalraume genommene Curve des negativen Thoraxpulses und eine am folgenden Tage an demselben jungen

Manne genommene negative Pulscurve der Jugularvene. Beide sind ihrer Form nach überraschend ähnlich.

Diese auffallende Uebereinstimmung erlaubt uns eine für den Physiologen wie für den Kliniker gleich wichtige Frage dahin zu lösen, dass im physiologischen Zustande die Bewegungen des rechten Vorhofes und des rechten Ventrikels für den Jugularpuls keineswegs die ihnen zugeschriebene Bedeutung haben.

Fig. 14.



Vergleich zwischen dem negativen Jugularpulse *Jug* und dem negativen Thoraxpulse *Thor*.

Sehen wir einen Augenblick von der Anschauung ab, wonach der Jugularpuls als eine negative Form der Pulsationen der aus dem Thorax austretenden Arterien zu betrachten ist, so sehen wir in unseren Versuchen die Bestätigung folgender Worte des Prof. Ceradini: „Die Venen pulsiren durch einfache Anstauung des Blutes, ohne Regurgitation, jedesmal wenn die Widerstände wachsen, die sich dem Vordringen desselben gegen das Herz entgegensetzen; und folglich ziehen sie sich zusammen, sobald jene Widerstände abnehmen.“[1]

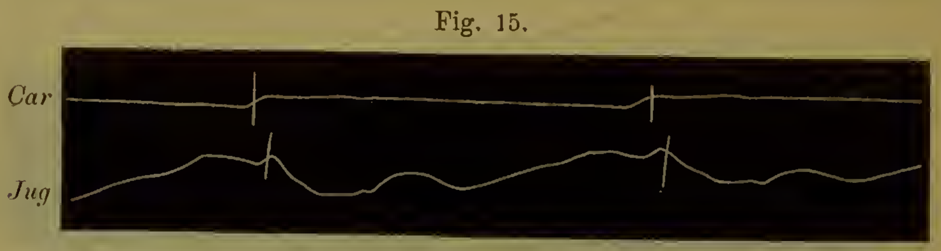
Vergleich zwischen dem negativen Jugularvenenpulse und dem Carotispulse.

Um genauer die Beziehungen zwischen Carotiden- und Jugularpuls zu ermitteln, musste ich dem Cylinder eine raschere Bewegung mittheilen. Die Messung des Intervalles zwischen dem Auftreten der beiden Pulsarten geschah nach der auf S. 43 angegebenen Methode. Die Hebel zweier Buisson'schen Lufttrommeln, deren eine auf die Carotis, die andere auf die Jugularvene aufgesetzt war, schrieben gleichzeitig die betreffenden Curven auf ein und denselben berussten Cylinder. — Folgender Versuch (Fig. 15) wurde an Herrn stud. med. Silva in horizontaler Rückenlage angestellt. Da bei ihm der Jugularpuls sehr schwach war, so bestrich ich den auf die Lufttrommel aufgesetzten Korkknopf mit einer klebrigen Masse (Diachylon-

[1] *Intorno alla scoperta della circolazione del sangue.* Annali universali di medicina 1876. p. 148.

pflaster). Daher haftete die elastische Membran stark an der Haut und gab, deren Bewegungen folgend, eine brauchbare Curve, obgleich die Pulsationen an der Haut so klein waren, dass man sie kaum mit dem Auge unterscheiden konnte. — Die eine Lufttrommel war rechts auf die äussere Jugularvene in der Mitte des Halses applicirt, die andere auf die Carotis externa, im oberen Theile des Halses, am inneren Rande des Kopfnickers.

Fig. 15.



Puls der Jugularvene *Jug* und gleichzeitig damit geschriebener Carotispuls derselben Seite *Car*.

Die Zeitmessung ergab, dass in der Jugularvene die Elevation etwas früher sich zu zeigen beginnt als in der Carotis. Die Differenz beträgt weniger als $^1/_{100}''$. — Die Elevation der Jugularis dauert $^3/_{100}''$, worauf die Curve rasch abfällt, im Augenblicke, wo der Carotispuls seinen Höhepunkt erreicht.

Dieses Beispiel zeigt wohl zur Genüge, dass sobald nur die Pulsation der Carotiden begonnen hat, sofort eine Depression der Jugularis erfolgt.

Die soeben von mir entwickelte Lehre vom negativen Pulse stellt einen neuen Factor im Mechanismus des Blutkreislaufes auf. Die Blutmasse, welche mit der ganzen ihr durch die Kammersystole mitgetheilten Kraft aus dem Thorax ausströmt, begünstigt die Aspiration des Blutes aus den Venen und die Diastole des rechten Vorhofes.

Stellen wir uns einen Augenblick vor, das Diaphragma sei vollkommen starr, die Lungen vollständig hepatisirt und die Venenmündungen geschlossen: so begreift man leicht, dass beim Zustandekommen einer Herzsystole der Thorax um so viel einsinken muss, dass hiermit das Blutvolum, das früher im linken Ventrikel war und nun den Thorax verlässt, ersetzt wird. Die Kraft, mit welcher die genannte Blutmasse geschleudert wird, und der relativ grössere Widerstand der Lungen und der Brustwandungen (incl. des Zwerchfelles) gegen den Zug dieser Kraft, bestimmen eine systolische Aspiration, welche fortan bei den Studien über den Kreislauf in Rechnung zu ziehen sein wird und einen wesentlichen Factor der Diastole des Herzens abgibt.

Man hat bisher behauptet, in dem Pulse der Jugularvene geben sich die Bewegungen des rechten Vorhofes kund, indem sich im Beginne seiner Contraction die Venen ausdehnen und bei seiner Diastole collabiren. — Die Ergebnisse meiner Untersuchungen beweisen hingegen, dass der Jugularpuls von einem negativen Drucke herrührt, der einen anderen Ursprung hat und seine Wirkungen an allen Punkten des Brustkastens mächtig kundgibt.

Da wir nun dargethan, dass der Austritt des systolisch beschleunigten Blutstromes aus dem Brustkasten in diesem eine Aspiration erzeugt, welche das Zwerchfell zu heben, die Bauchwandung su senken und den Brustkasten einzuziehen im Stande ist, müssen wir nothwendig annehmen, dass eine solche Kraft noch viel leichter das Blut aus den Körpervenen ansaugen und die Diastole des Herzens begünstigen muss.

Die grosse Aehnlichkeit oder vielmehr die Uebereinstimmung der am Thorax, an den Jugularvenen, am Abdomen und an den Nasenlöchern erhaltenen Pulsbilder liefert, wir wiederholen es, den augenscheinlichen Beweis, dass all diesen Erscheinungen eine gemeinschaftliche Ursache zu Grunde liegt. Und indem die Feststellung des einfachen Mechanismus, auf welchem der negative Puls beruht, einige bis dahin in der Physiologie und in der Krankheitslehre schwebende Fragen definitiv löst, wird sie hoffentlich an nützlichen Anwendungen auf klinischem Gebiete fruchtbar ausfallen.

---

kommen, welche die differentesten Wirkungen haben, also vom Standpunkte der Heilmittellehre aus nicht zusammengehören. Es ist hier nicht möglich, das System des Verfassers genauer zu besprechen; wir müssen in dieser Hinsicht auf das Original selbst verweisen. Was die Bearbeitung der einzelnen Arzneistoffe anlangt, so müssen wir vor Allem die übersichtliche Zusammenstellung und scharfe, klare Darlegung der physiologischen Wirkungen derselben loben und überragt in dieser Beziehung das Buch des Verfassers entschieden seine sämmtlichen Concurrenten. Eine Anzahl Artikel z. B. über Digitalis, Secale cornutum, Salicylsäure u. s. w. sind geradezu musterhaft bearbeitet. Bei den therapeutischen Anwendungsweisen möchte man da und dort eine Vervollständigung in künftigen Auflagen wünschen; so ist z. B. bei der Digitalis nicht erwähnt, dass sie in grossen Dosen eins unserer zuverlässigsten Mittel gegen profuse Metrorrhagien ist, bei Tannin die günstige Wirkung bei Magenblutungen u. s. w. Ferner dürfte es zweckmässig sein, da das Buch namentlich auch für Studirende geschrieben ist, bei jedem Mittel ein correctes vollständiges Recept anzufügen, um ein fehlerhaftes Verschreiben des Mittels zu verhüten. Doch das sind Kleinigkeiten, die den Werth des Buches nicht vermindern und können wir das Buch als vortreffliches, sowohl den Studirenden zur Einführung in die Materia medica, wie den Aerzten als bequeme Uebersicht über die Fortschritte und den jetzigen Standpunkt unserer Kenntnisse der Heilmittel warm empfehlen.

D. Zeitschr. f. pr. Medicin. 1878.

— — In allen Beziehungen, in denen das Sydney Ringer'sche Buch Mängel zeigt, hat Köhler's Werk Vorzüge, wie sie bereits aus dem „Handbuche" bekannt sind: eine grosse Belesenheit des Verfassers, eine Genauigkeit und Zuverlässigkeit in den thatsächlichen Angaben, machen diesen „Grundriss" zu einem vortrefflichen Nachschlagebuch, dem ausser dem „Handbuche" desselben Verfassers nur wenige Werke an die Seite zu stellen oder vorzuziehen wären. — — —

Erlangen. **Wilh. Filehne.**

(Jenaer Literaturzeitung. 1878. No. 16.)

Grundriss
der
Physiologie des Menschen
für Studirende und Aerzte.

Von
Dr. J. Steiner,
Privatdocent und Assistent am physiologischen Institut in Erlangen.

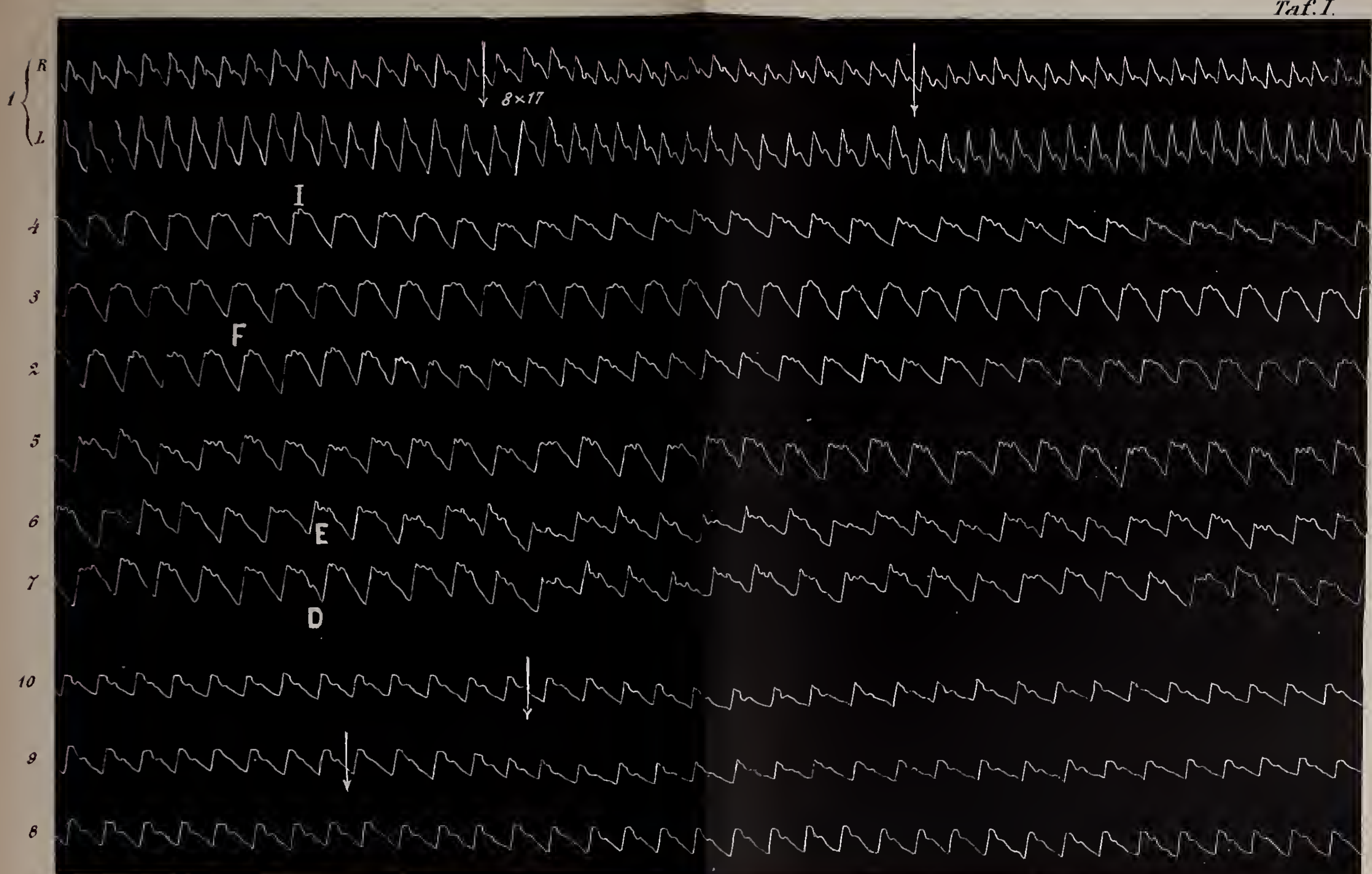
Mit 39 in den Text gedruckten Holzschnitten.

1878. gr. 8. VIII u. 440 S. Preis geh. 9 Mark.

Je mehr und je schneller die Physiologie fortschreitet und immer neue und, wie in letzter Zeit geschehen, auch höchst wichtige Thatsachen feststellt, desto mehr macht sich für den Anfänger sowohl wie aus anderem Gesichtspunkte für den in harter Tagesarbeit am Krankenbett beschäftigten Arzt das Bedürfniss geltend, mit den Fortschritten dieser für ihn fundamentalen Wissenschaft Fühlung zu behalten. Beide, der Studirende und der Arzt, können aber nicht aus den überall zerstreuten und zu speciellen Originalarbeiten schöpfen; sie haben ein Buch nöthig, welches ihnen die wesentlichen Thatsachen der Physiologie im Zusammenhang bis auf die neueste Zeit fortgeführt und in leicht fasslicher Form darstellt. Der Verfasser des vorliegenden Grundrisses hat ein solches Buch geschrieben, es wird seinem Leser gute Dienste leisten. Besonders haben uns in demselben die Capitel über Blut und Blutbewegung, Ausgaben des Blutes (Harnbereitung), Stoffwechsel, allgemeine Muskelphysiologie und Physiologie der Centralorgane gefallen. Ueberhaupt wird man (mit Ausnahme von dem fast nirgends glänzenden Capitel Zeugung und Entwickelung) überall einen klaren Vortrag der Thatsachen und eine sorgfältige Berücksichtigung der neuesten Forschungen finden. Die Ausstattung des Buches ist, auch in Bezug auf die in den Text eingedruckten Holzschnitte, ganz vorzüglich. **D. Zeitschr. f. pr. Medicin.** 1878. No. 14.

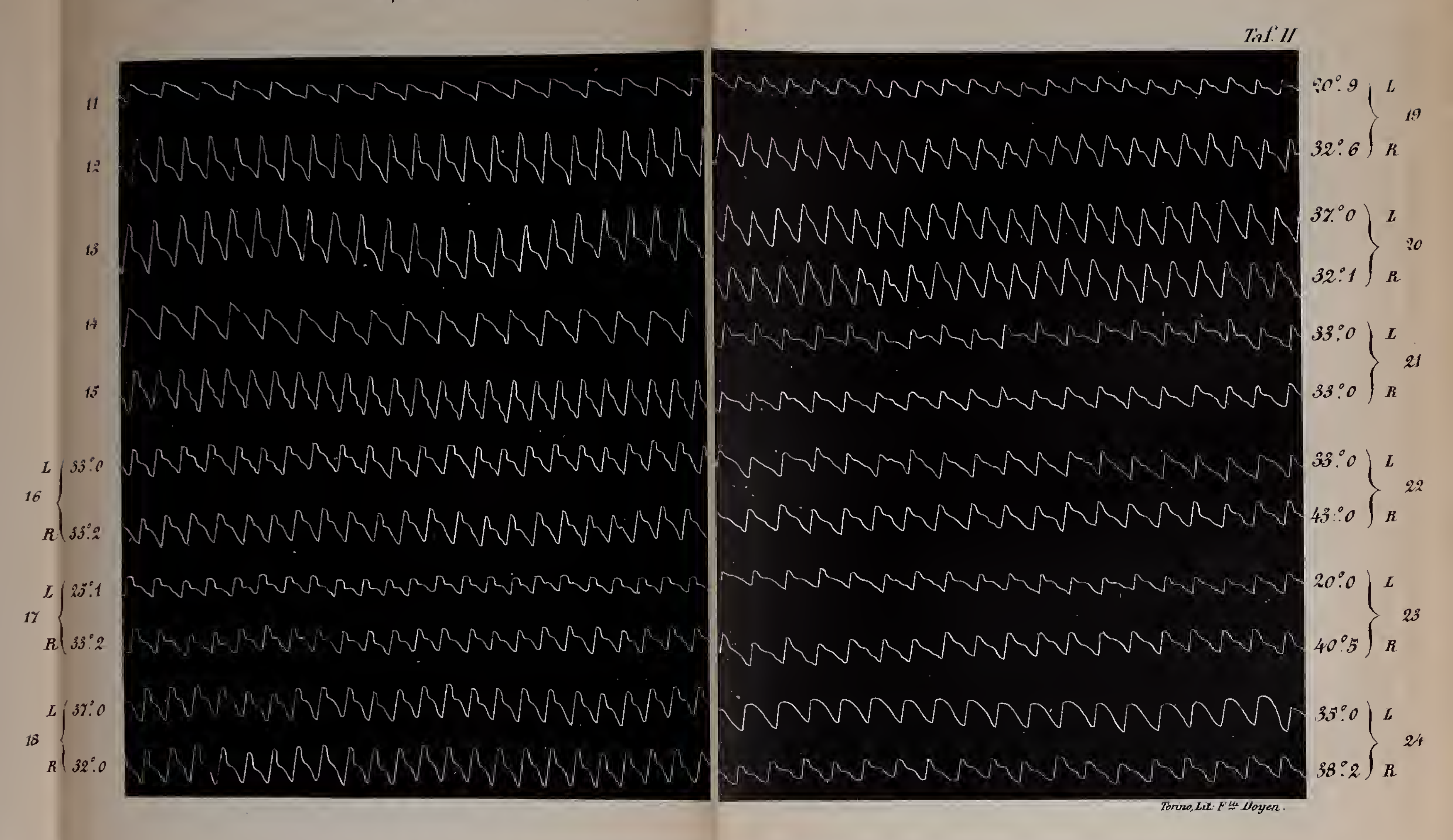
Einfluss der Hirnthätigkeit auf den Vorderarmpuls.

Taf. I.



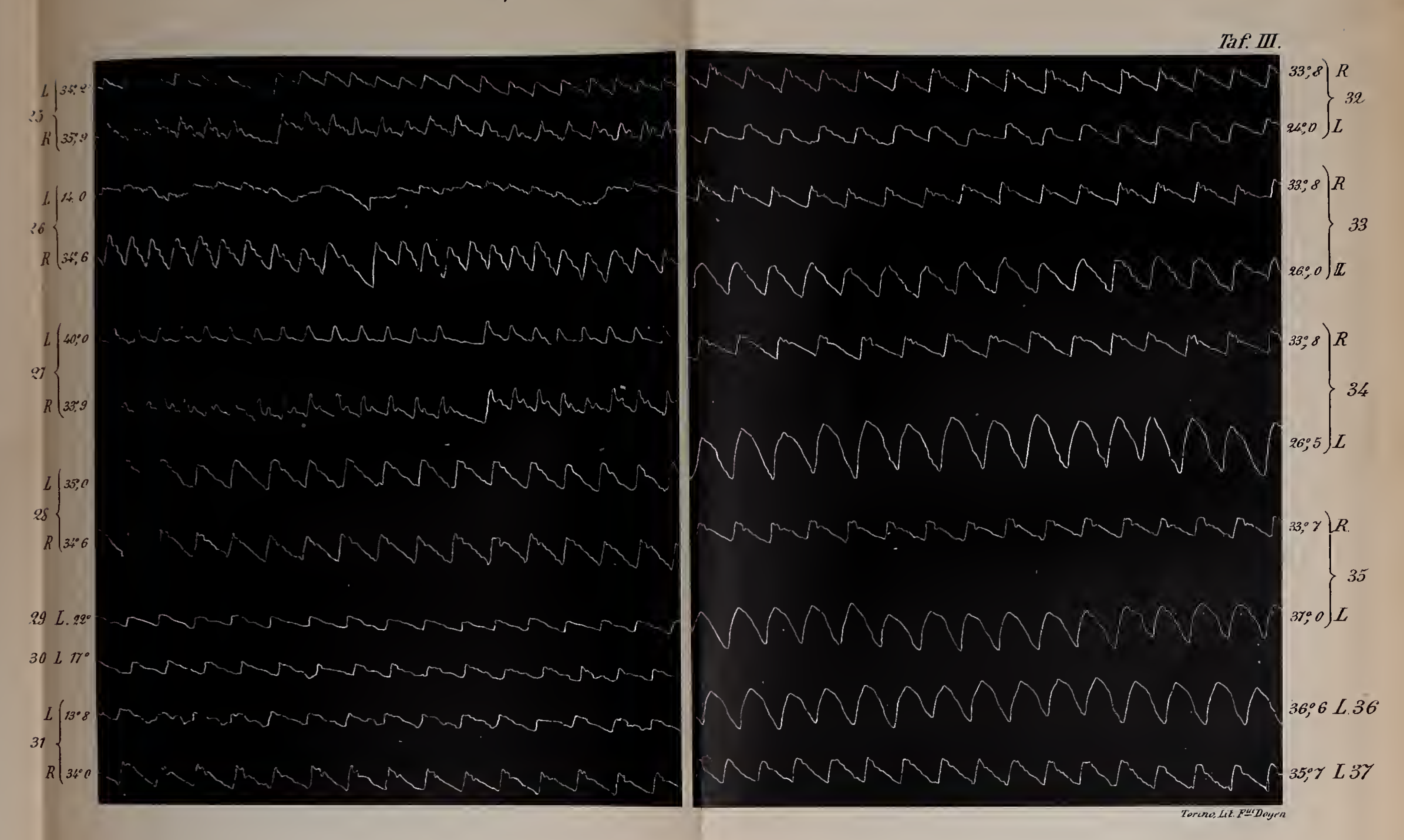


Einfluss der Nahrungsaufnahme und der Temperatur.



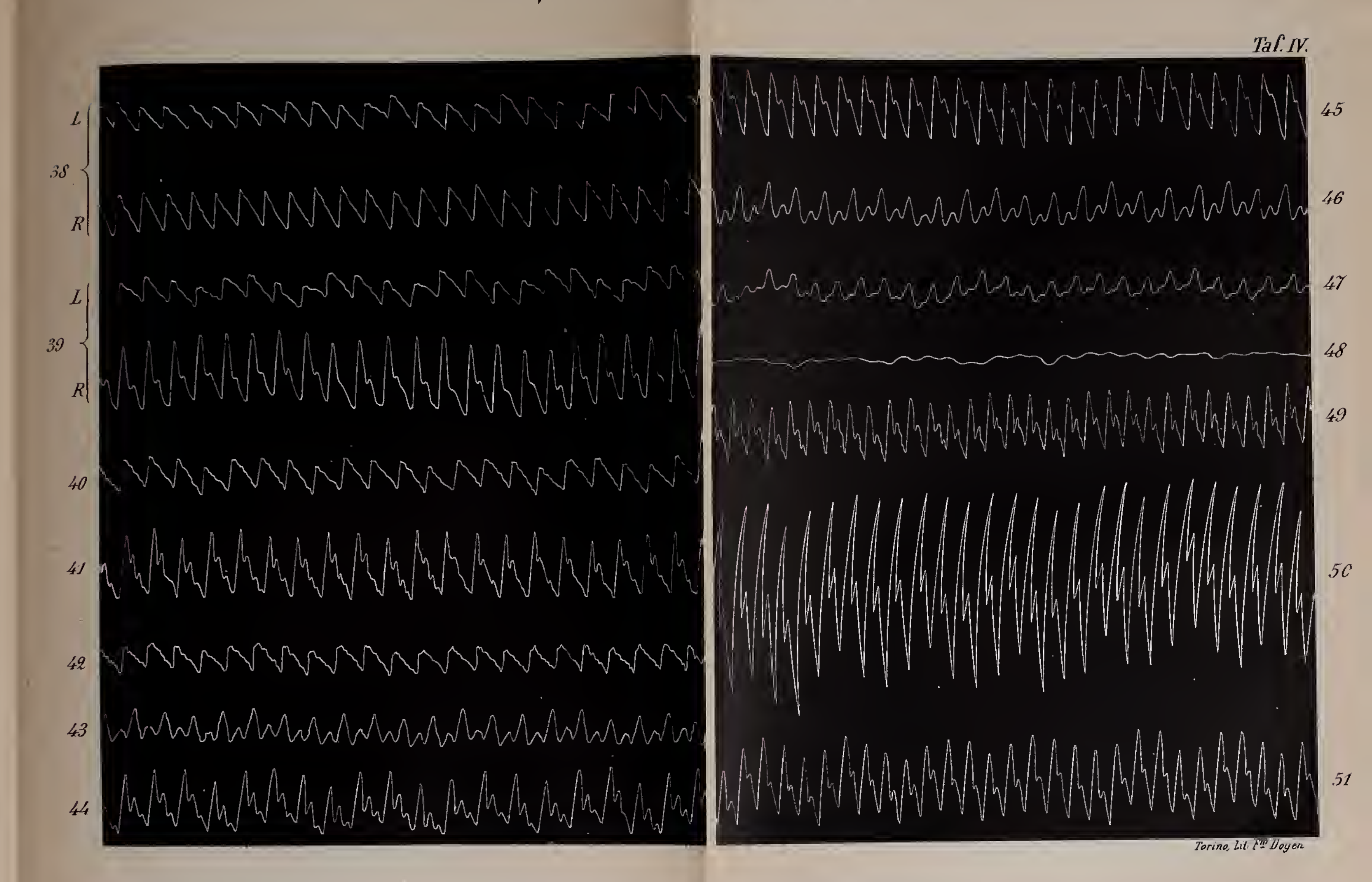


Einfluss der Temperatur (Fortsetzung).



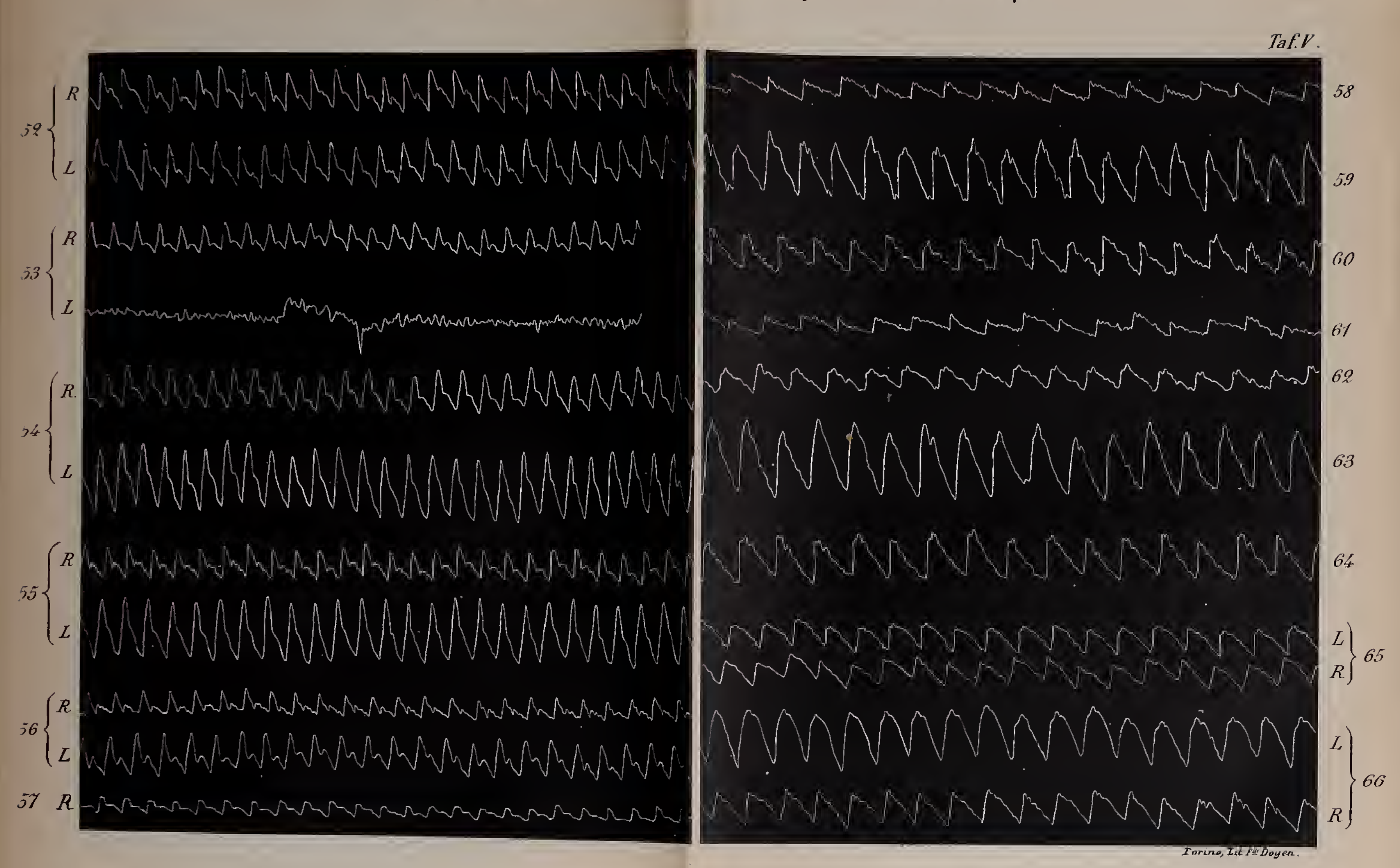


Einfluss des äusseren Druckes.





Nachwirkung einer localen Unterbrechung des Blutlaufes.

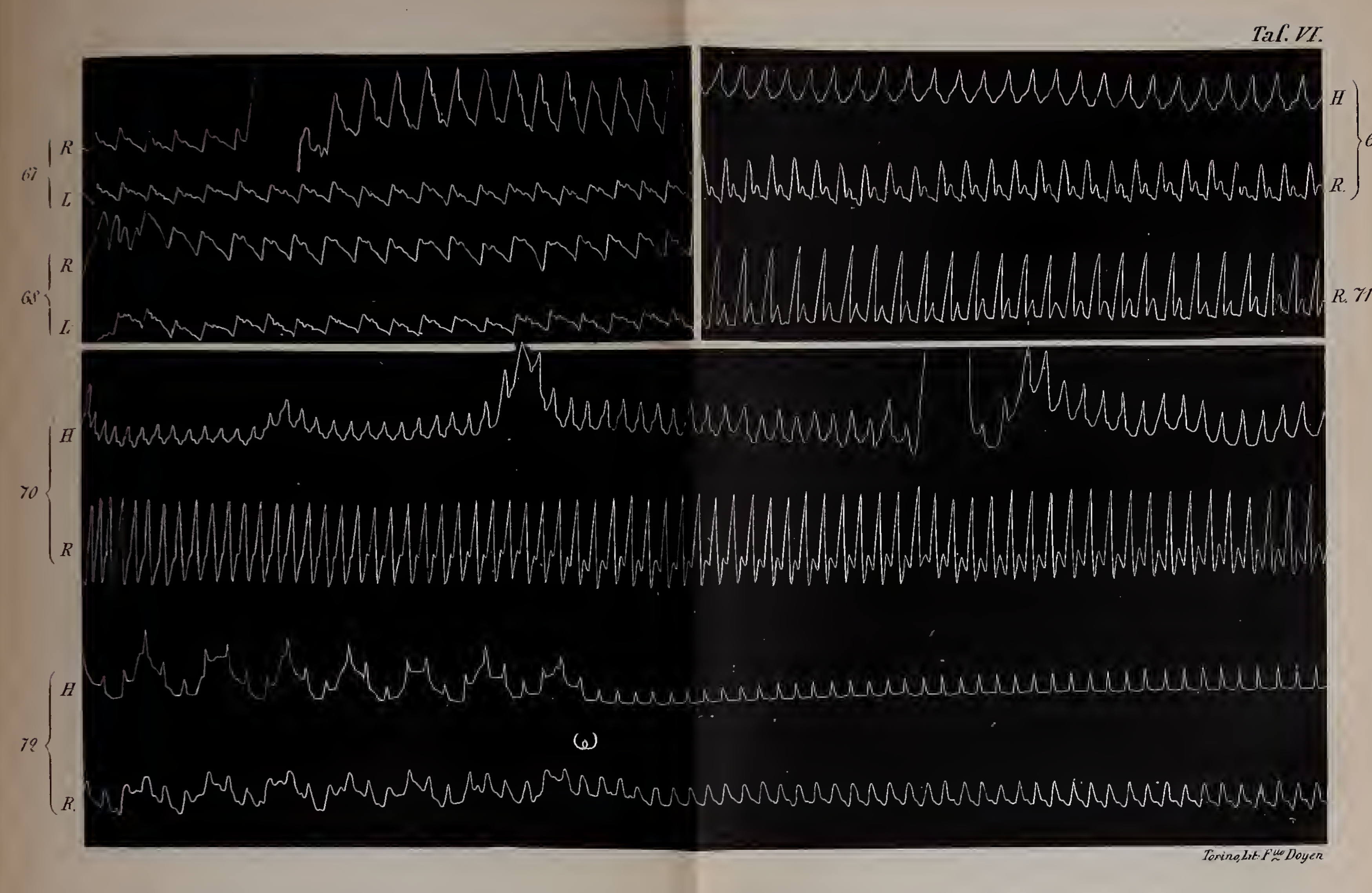




Einfluss der Muskelcontraction

Einfluss des Amylnitrites.

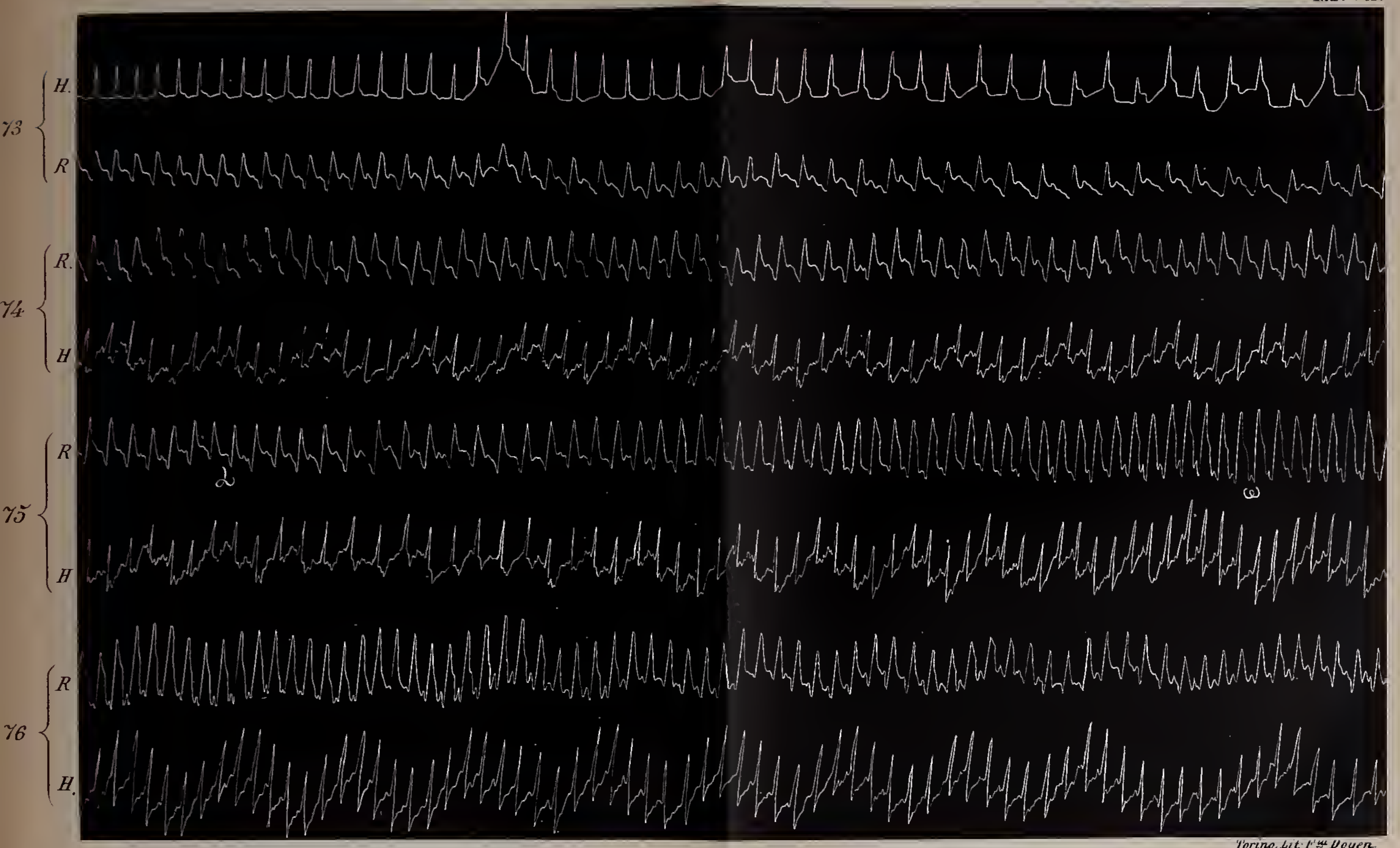
Taf. VI.





Einfluss des Amylnitrites (Fortsetzung).

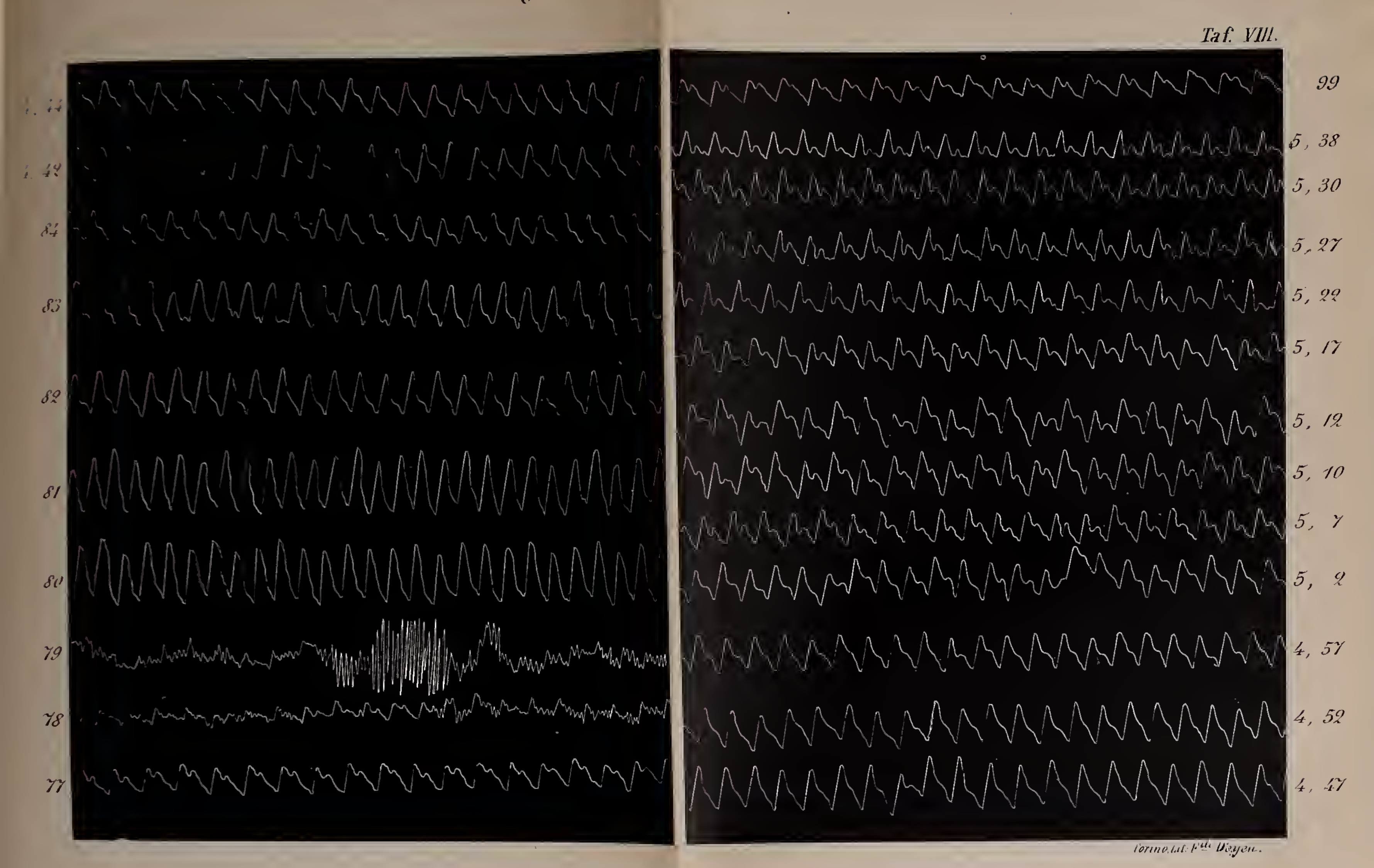
Taf. VII.



Torino, Lit. F.lli Doyen



Veränderungen des Pulses bei dem Fieber.







Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.